
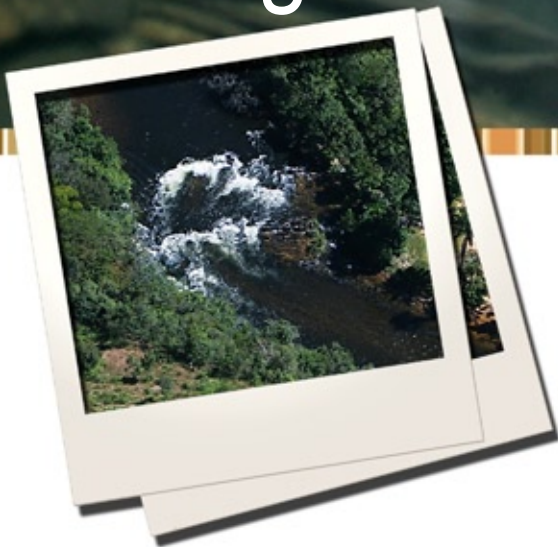


Universidade Federal da Bahia – UFBA

Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável – ICADS



Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande



Michel Castro Moreira
Demetrius David da Silva

Michel Castro Moreira
Demetrius David da Silva

Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Barreiras – BA
2010

Expediente

**Universidade Federal da Bahia
Instituto de Ciências Ambientais e
Desenvolvimento Sustentável - ICADS**

R. Professor José Seabra, s/n - Centro
CEP: 47.805-100 – Barreiras - BA

Fone: (77) 3614-3500 - Fax: (77) 3612-0363

E-mail: michelcm@ufba.br - *Site:* <http://www.icad.ufba.br>

**Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Agrícola - DEA
Centro de Referência em Recursos Hídricos - CRRH**

Av. P.H. Rolfs, s/n - Campus Universitário
CEP: 36.570-000 – Viçosa - MG

Fone: (31) 3899-1939 - Fax: (31) 3899-2735

E-mail: crrh@ufv.br - *Site:* <http://www.dea.ufv.br/crrh>

Autores: Michel Castro Moreira e Demetrius David da Silva

Revisão linguística: Constança Bezerra A. Chaves

Mapas: Michael Pereira da Silva

Projeto gráfico e diagramação: Márcio Oliveira Machado

Fotos: Sílvio Ávila e banco de imagens Editora Gazeta

Coordenação editorial: Romar Rudolfo Beling

Edição: Editora Gazeta Santa Cruz, Rua Ramiro Barcelos, 1224,
CEP: 96.810-900, Cx. Postal 118, Centro, Santa Cruz do Sul, RS

CNPJ nº 04.439.157/0001-79

Fone: (51) 3715-7800 - *Site:* www.anuarios.com.br

Julho de 2010



Sumário

1 Apresentação.....	7
2 Bacia do Rio Grande.....	8
2.1 Características	10
2.1.1 Físicas.....	10
2.1.2 Climáticas	12
2.1.3 Vegetação	14
2.2 Divisão geopolítica.....	15
2.3 Qualidade das águas	18
2.4 Comitê da bacia	21
2.5 Regiões de planejamento e gestão do Estado da Bahia.....	24
2.6 Rede de drenagem	25
2.7 Dados hidrológicos	26
2.7.1 Pluviométricos.....	26
2.7.2 Fluviométricos.....	27
2.8 Planos diretores de recursos hídricos.....	28
2.9 Enquadramento	30
3 Documentação técnica	33
3.1 Disponibilidade de água.....	33
3.2 Gestão de recursos hídricos.....	34
3.3 Modelos hidrológicos e sistemas de informações para gestão dos recursos hídricos.....	36
3.4 Vazões mínimas de referência e critérios para o processo de outorga	38
3.5 Regionalização de vazões.....	40
3.6 Modelo digital de elevação	42
4 Metodologia.....	44
4.1 Levantamento e geração de dados	44
4.1.1 Modelo digital de elevação.....	46
4.1.2 Vazões mínimas de referência e média de longa duração	47
4.1.3 Precipitação média	48
4.1.4 Regionalização das vazões mínimas e média.....	49
4.2 Desenvolvimento do Atlas.....	51
4.2.1 Identificação da seção de interesse	52
4.2.2 Obtenção dos dados afetos à seção de interesse.....	52
4.2.3 Elaboração de relatórios	52
5 Manual do usuário.....	53
5.1 Apresentação	53
5.2 Tela Localização	54
5.3 Tela Disponibilidade hídrica	66
5.4 Relatório	68
5.5 Ajuda.....	70
6 Agradecimentos.....	71
7 Referências.....	72

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca das Águas
do Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ)

M835 Moreira, Michel Castro.
Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande / Michel Castro Moreira,
Demetrius David da Silva – Barreiras, BA: Editora Gazeta Santa Cruz, 2010.
80 p. il.

ISBN: 978-85-63336-01-9

1. Bacia Hidrográfica. 2. Atlas hidrológico. 3. Bacia do rio Grande (BA). I. Título. II.
Universidade Federal da Bahia III. Instituto de Gestão das Águas e Clima IV. Silva,
Demetrius David da.

CDU 556.51 (084.4)

1 Apresentação

A bacia hidrográfica do Rio Grande, localizada na região Oeste do Estado da Bahia, mesmo sendo a segunda bacia em importância para formação das vazões do Rio São Francisco, nela são evidenciados conflitos pelo uso da água. Problemas advindos desses conflitos remetem à necessidade de um adequado programa de planejamento e gestão de recursos hídricos.

O conhecimento de dados hidrológicos constitui informação básica para a tomada de decisão em diversos estudos, como processos de outorga, dimensionamentos de obras hidráulicas e planejamentos agrícolas. No entanto, as limitadas séries de dados disponíveis e a necessidade de se conhecê-los, ao longo de toda a bacia, dificultam ou, muitas vezes, impedem a realização de um adequado planejamento e uma adequada gestão de recursos hídricos.

Além do conhecimento das vazões para a adoção de programas de gestão e planejamento de recursos hídricos, dados hidrológicos constituem informações básicas em diversos estudos, principalmente nas áreas das ciências agrárias, engenharias e ciências biológicas.

Reconhecendo a importância da existência de dados para a condução de estudos e tomada de decisões, sejam elas técnicas, sejam políticas, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) lançou, em 2008, o Edital 015/2008 – Ação Referência, visando induzir o levantamento e o registro de dados pertinentes ao Estado da Bahia, nas diversas áreas do conhecimento.

Neste contexto, este trabalho é resultado do projeto “Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande”, aprovado neste edital, que teve como objetivo desenvolver um atlas hidrológico, disponibilizado em formato digital, da bacia hidrográfica do Rio Grande, visando a organização, o registro e a consulta de dados hidrológicos que forneçam subsídios para a otimização do uso da água e a redução dos conflitos entre os usuários, permitindo ainda que pesquisadores, notadamente das áreas das ciências agrárias, engenharias e ciências biológicas, utilizem estes dados em seus estudos.

Na condução dos trabalhos estiveram envolvidos professores do Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), e do Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), além do apoio do Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), responsável por gerir e executar a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia.

2 Bacia do Rio Grande

A área de drenagem compreendida pela bacia hidrográfica do Rio Grande está inserida entre as coordenadas geográficas 10°10' e 13°20'S de latitude e 43°08' e 46°37'O de longitude. Situada no médio São Francisco (Figura 1), representa 12,6% da área de drenagem do Rio São Francisco, sendo a sua maior sub-bacia (PEREIRA, 2004). Com área de aproximadamente 75.000 km², a bacia localiza-se no Estado da Bahia, correspondendo a 13,2% da área deste Estado (Figura 2) e possui os seguintes limites geográficos: ao Norte, com o Estado do Piauí; ao Sul, com a bacia do Rio Corrente; a Oeste, com os estados de Goiás e Tocantins; e a Leste, com as bacias da calha do médio São Francisco.

Dada a importância da bacia do Rio São Francisco no cenário nacional, principalmente no momento em que se realiza o projeto de transposição de suas águas, o rápido crescimento do Oeste baiano, impulsionado pelo desenvolvimento agrícola e o potencial hidroenergético da região, a bacia do Rio Grande é de grande importância no contexto estadual e nacional.

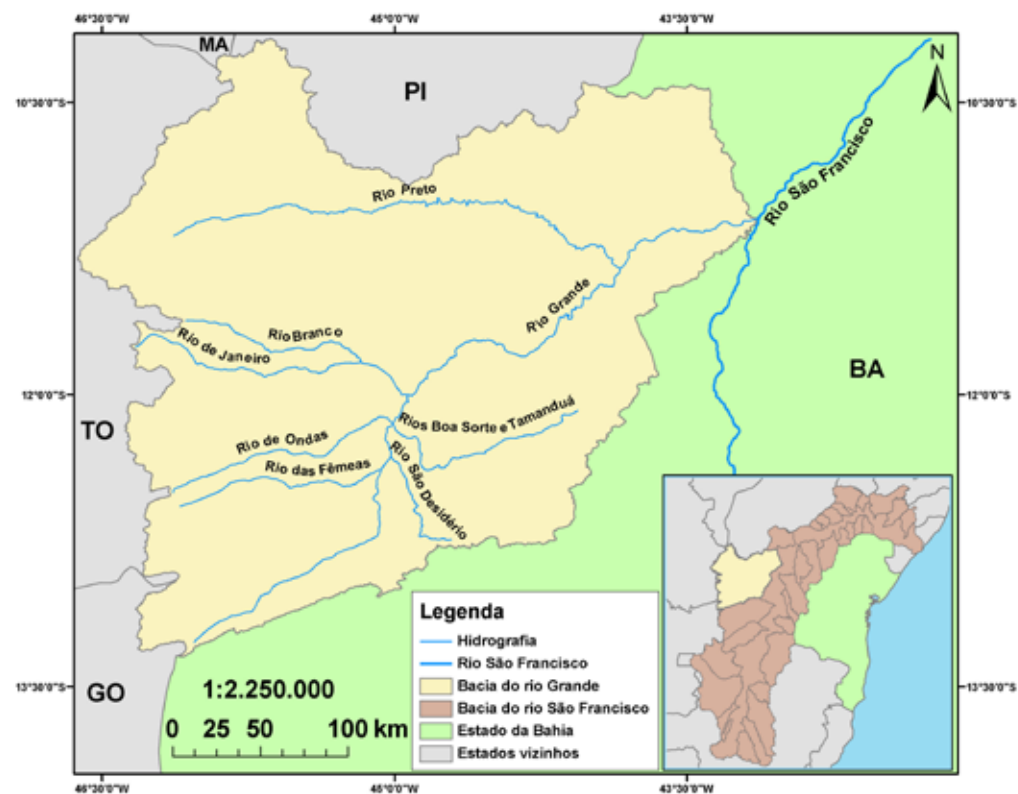


Figura 1 – Localização da bacia do Rio Grande no contexto da bacia do Rio São Francisco.

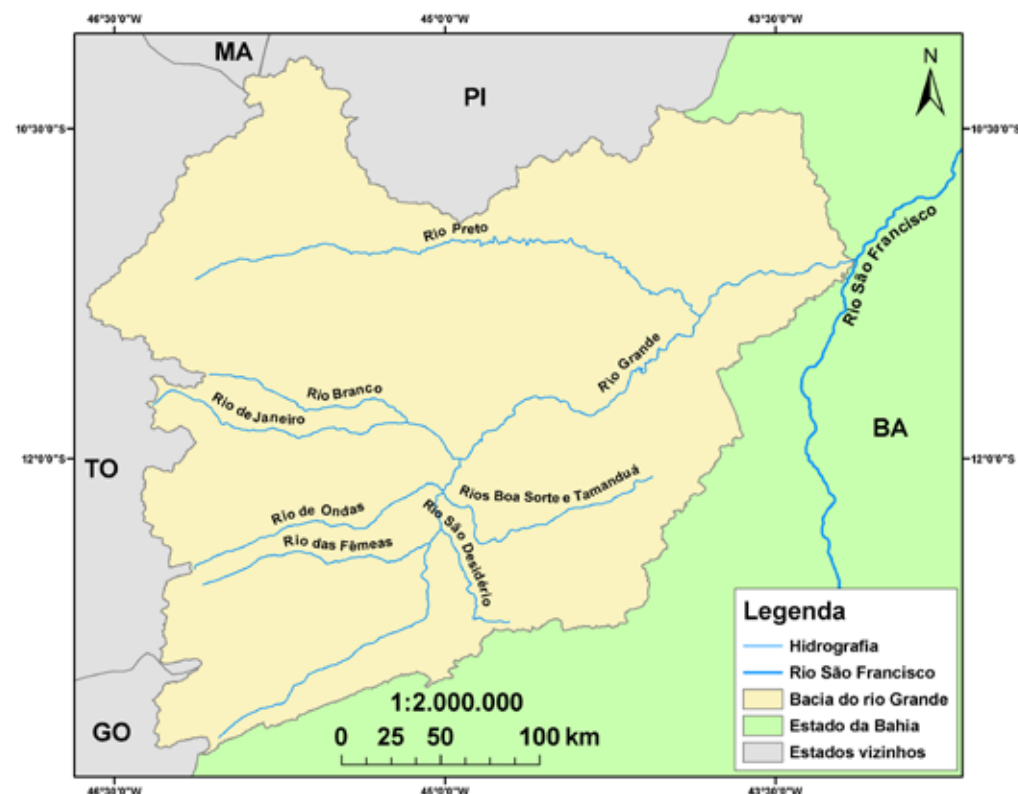


Figura 2 – Localização da bacia do Rio Grande no contexto do Estado da Bahia.

2.1 CARACTERÍSTICAS

2.1.1 FÍSICAS

As formas do relevo da bacia do Rio Grande são bem peculiares e singulares, devido ao complexo conjunto de processos que lhes deram origem. O relevo é bastante diversificado e precisa ser bem utilizado nos planejamentos, para que se tenha uma situação bem próxima do que se prega no conceito de desenvolvimento sustentável, utilizando áreas para o desenvolvimento socioeconômico e outras sendo preservadas (ALVES et al. 2009).

A gênese do relevo da bacia é caracterizada principalmente pelo contraste entre a abrupta amplitude altimétrica que se nota em alguns setores (Figura 3). De acordo com a evolução geológica regional, e considerando a posição geográfica da bacia, pode-se afirmar que os processos que deram origem a essas formas do relevo se iniciaram durante o Paleoproterozoico, a cerca de 2,5 bilhões de anos, e perduram até os dias atuais (ALVES et al., 2009).

Na bacia são identificadas quatro unidades morfoesculturais, provenientes de processos de agradação e denudação ocorridos ao longo do tempo geológico, no qual houve variações climáticas e movimentos tectônicos. Essas unidades morfoesculturais são: planalto, planalto em patamar, depressão e serras (Figura 4).

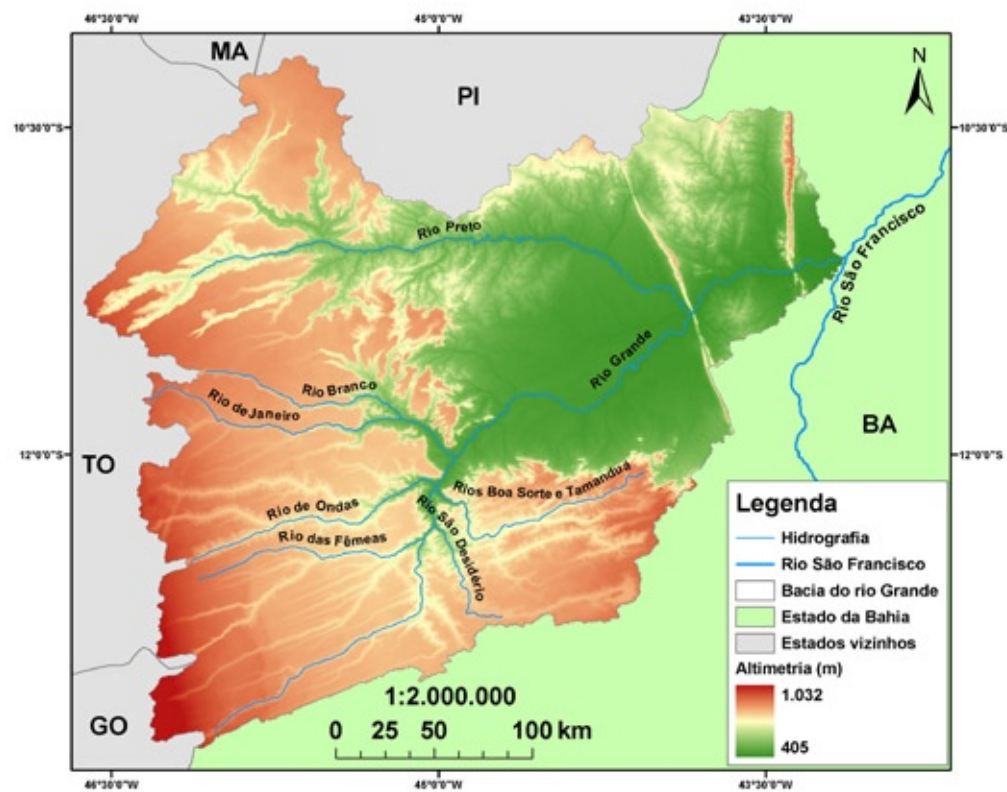


Figura 3 – Altimetria da bacia do Rio Grande.
Fonte: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

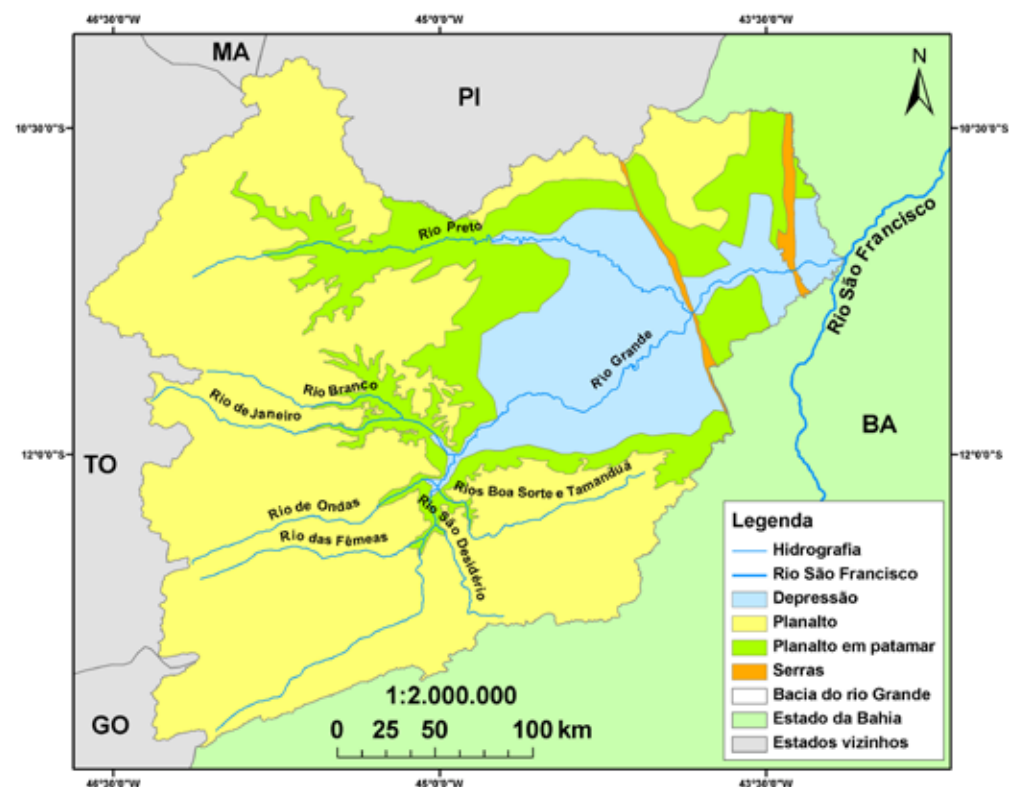


Figura 4 – Morfoesculturas da bacia do Rio Grande.
Fonte: ALVES et al., 2009.

2.1.2 CLIMÁTICAS

Na bacia do Rio Grande, conforme critério de classificação de Thornthwaite, identificam-se basicamente três tipos climáticos (Figura 5): úmido, no extremo Oeste da bacia, onde se verificam índices pluviométricos que podem ultrapassar os 1.700 mm anuais; subúmido, na região central da bacia; e semiárido, na parte oriental da bacia. Na região semiárida, junto à calha do Rio São Francisco, são observados índices pluviométricos inferiores a 800 mm, sendo comuns períodos de seca.

O regime pluviométrico na bacia é caracterizado por dois períodos bem distintos: o chuvoso, que se estende de outubro a abril, com maiores índices no mês de dezembro; e o seco, que se estende de maio a setembro, com estiagem mais crítica de julho a setembro. Na Figura 6 é apresentada a precipitação total anual, obtida com base na interpolação dos valores anuais das estações pluviométricas da bacia e em seu entorno.

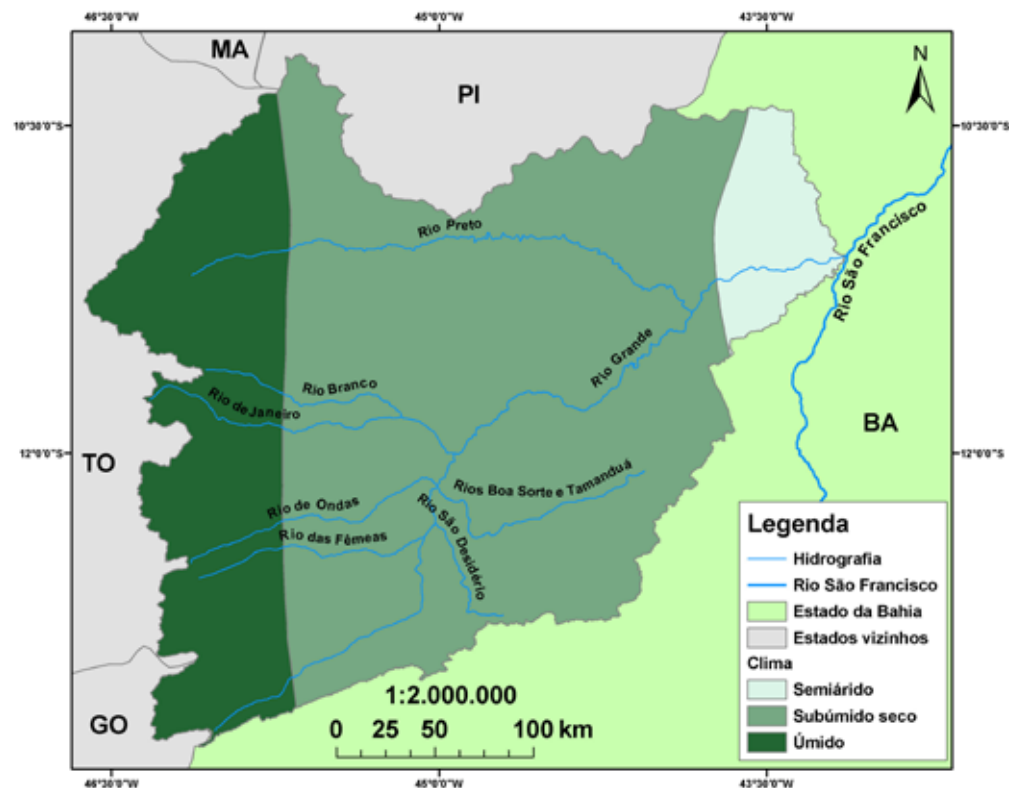


Figura 5 – Clima da bacia do Rio Grande.
Fonte: CODEVASF, 2010.

Especialmente, a precipitação média anual varia de 1.998 mm, nas regiões de nascentes dos rios de Ondas e das Fêmeas, a 729 mm na região do município de Barra-BA, na confluência com o Rio São Francisco.

A temperatura média anual da bacia é de 24,3 °C, sendo a temperatura média mensal dos meses mais quentes de 25,9 °C (setembro e outubro), enquanto o mês de julho apresenta-se como o mês mais frio (22,2 °C), com uma diferença de apenas 14,28% para o mês mais quente. Em relação à umidade do ar, os meses mais úmidos vão de novembro a maio, sendo março o que apresenta o maior índice médio (79,9%), enquanto o mais seco é setembro, com 47,1% (SRHSH, 1993).

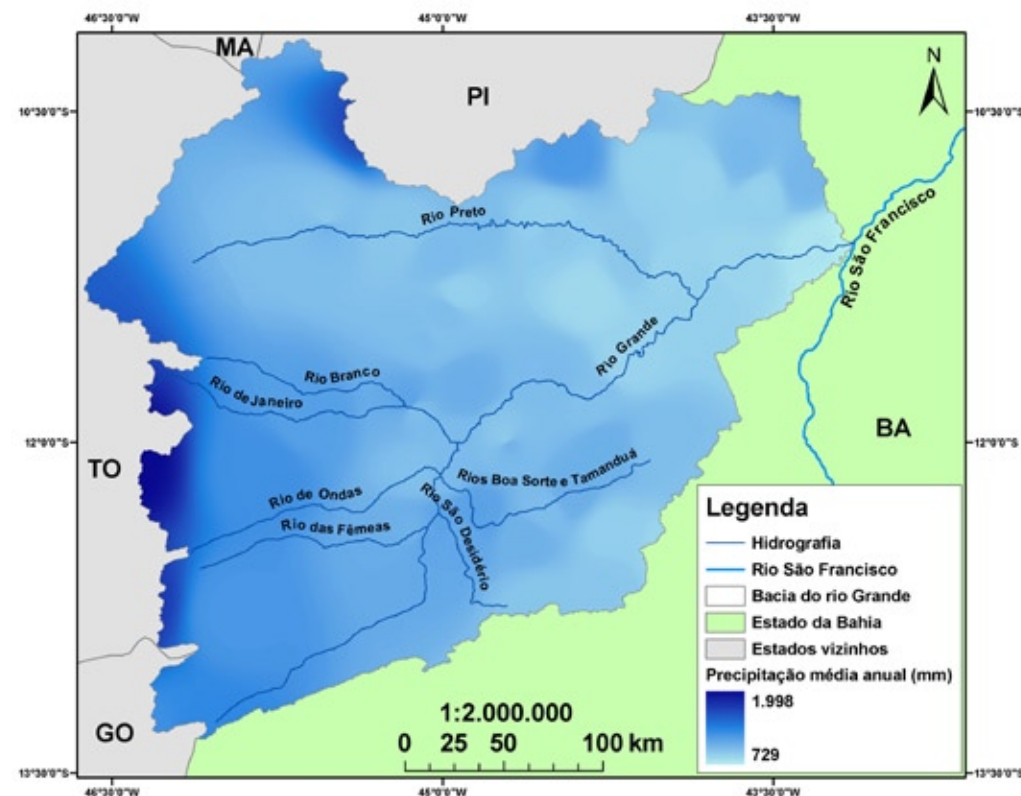


Figura 6 – Total precipitado médio anual da bacia do Rio Grande.

2.1.3 VEGETAÇÃO

Na bacia do Rio Grande há predominância da vegetação de cerrado (Figura 7). O cerrado (savana) representa uma formação com fisionomia típica e característica, restrita das áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em clima tropical eminentemente estacional. Sua vegetação tem aspecto tortuoso, com ramificação irregular, árvores com cascas grossas, com órgãos de reserva subterrâneos (xilopódio). Sua florística reflete-se em uma fisionomia caracterizada por dominantes espécies arbóreas (SRH, 2003).

Na região central da bacia verificam-se áreas de tensão ecológica, as quais são caracterizadas pela transição das vegetações de cerrado, caatinga e florestas estacionais. Dessa maneira, notam-se regiões com diferentes fisionomias, dependentes dos ecossistemas adjacentes.

As florestas estacionais podem ser classificadas

em decidual e semidecidual, de acordo com a perda das folhas, que é dependente de fatores biofísicos, como clima, relevo, solo e fisiologia da planta. Na região Oeste da Bahia, esse tipo de formação ocorre em manchas de tamanhos variáveis, situadas em altitudes mais elevadas, sobre rochas calcáreas, carbonáticas e pelíticas (EMBRAPA, 2003). No terço inferior da bacia a floresta estacional decidual é predominante, devido às características do clima subúmido e semiárido.

No terço inferior da bacia encontram-se regiões com vegetação de caatinga (estepe). A caatinga é típica de regiões com baixo índice pluviométrico, sendo suas principais características a existência de arbustos com galhos retorcidos e raízes profundas, que costumam perder quase que totalmente as folhas em épocas de seca; e a presença de cactos e bromélias.

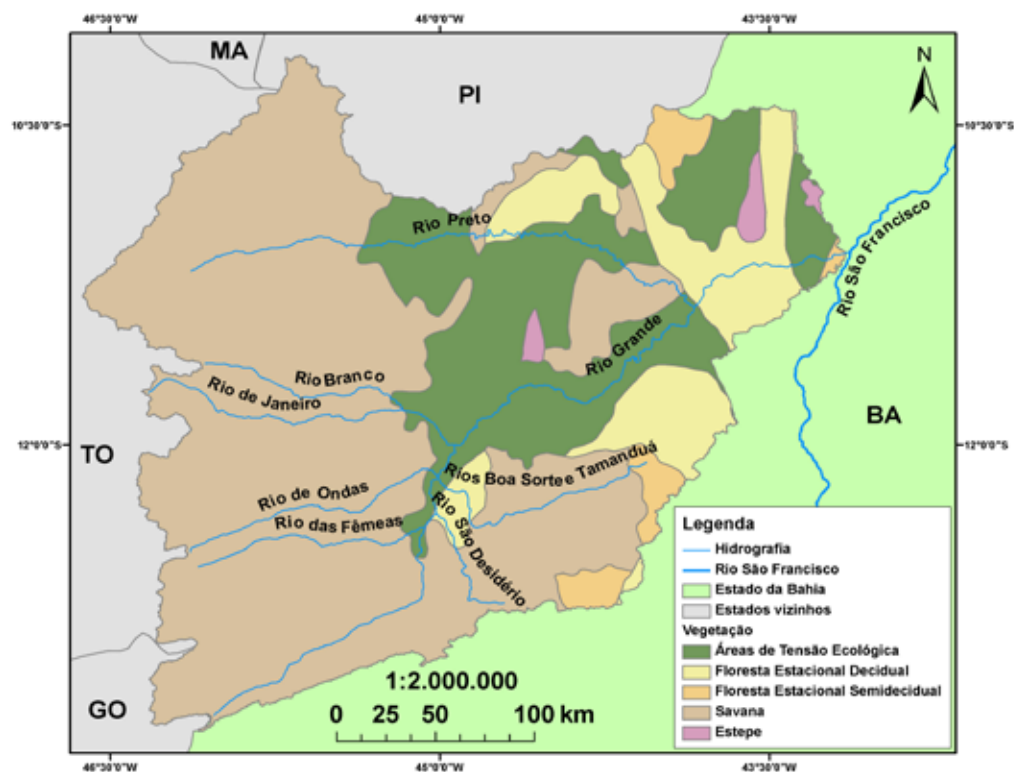


Figura 7 – Vegetação da bacia do Rio Grande.

Fonte: IBGE, 1991.

2.2 DIVISÃO GEOPOLÍTICA

Os municípios contidos totalmente ou parcialmente na bacia hidrográfica do Rio Grande são: Angical, Baianópolis, Barra, Barreiras, Brejolândia, Buritirama, Catolândia, Cotegipe, Cristópolis, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Mansidão, Muquém do São Francisco, Riachão das Neves, Santa Rita de Cássia, São Desidério, Tabocas do Brejo Velho e Wanderley (Figura 8; Tabela 1) (CONERH, 2007).

Integram totalmente a bacia 11 municípios, sendo eles: Angical, Barreiras, Catolândia, Cotegipe, Cristópolis, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Mansidão, Riachão das Neves, Santa Rita de Cássia e Wanderley; enquanto quatro municípios possuem mais de 60% de seu território na bacia (Baianópolis, Buritirama, São Desidério e Tabocas do Brejo Velho); e três municípios possuem menos de 60% de seu território na bacia (Barra, Brejolândia e Muquém do São Francisco).

Os centros urbanos de destaque na região são: Barreiras, Luiz Eduardo Magalhães e São Desidério. O crescimento rápido do centro urbano da bacia transformou o município de Barreiras em um polo da agroindústria do Oeste baiano, bem como do Sul do Maranhão e do Tocantins. Milhares de migrantes de cidades baianas chegaram à cidade que, apesar de apresentar certo crescimento dos serviços públicos, ainda tem problemas sérios de saneamento básico (BRANNSTROM, 2002).

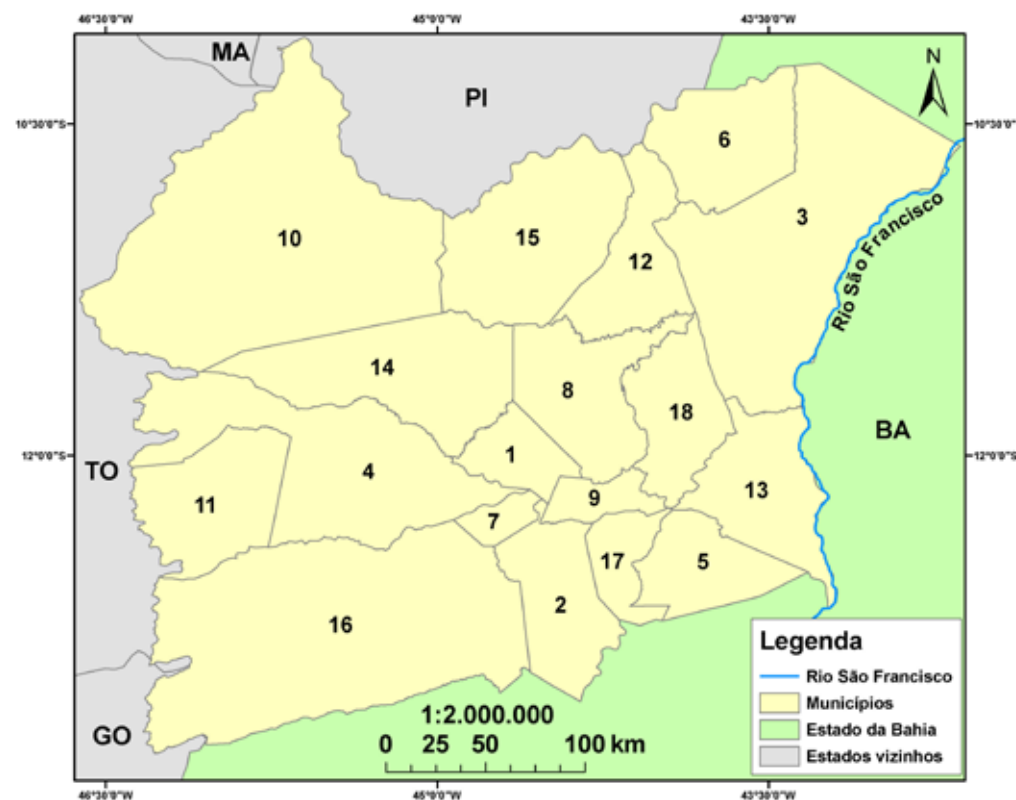


Figura 8 – Municípios da bacia do Rio Grande.

Fonte: IBGE (2007).

Tabela 1 – População, área territorial e índice de desenvolvimento humano (IDH) dos municípios que integram totalmente ou parcialmente a bacia do Rio Grande.

Número ¹	Município	População ²	Área territorial ³	IDH ⁴
1	Angical	15.191	1.639	0,625
2	Baianópolis	14.195	3.360	0,592
3	Barra	50.226	11.333	0,586
4	Barreiras	137.832	7.895	0,723
5	Brejolândia	9.791	2.619	0,634
6	Buritirama	19.492	3.798	0,582
7	Catolândia	4.059	660	0,626
8	Cotegipe	14.191	4.019	0,607
9	Cristópolis	14.279	896	0,619
10	Formosa do Rio Preto	22.171	16.185	0,646
11	Luís Eduardo Magalhães	52.054	4.019	-
12	Mansidão	12.244	3.143	0,638
13	Muquém de São Francisco	10.691	3.834	0,603
14	Riachão das Neves	23.431	5.840	0,569
15	Santa Rita de Cássia	27.528	6.071	0,651
16	São Desidério	27.513	14.820	0,610
17	Tabocas do Brejo Velho	12.608	1.551	0,599
18	Wanderley	13.252	3.043	0,619

¹ Número referente à codificação dos municípios apresentada na Figura 8.

² População estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, para o ano de 2009 (IBGE, 2009).

³ Área territorial, em km², calculada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009).

⁴ Índice de Desenvolvimento Humano, do ano de 2000, estimado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2000).

Atualmente com mais de 135 mil habitantes (IBGE, 2009), o município vem se destacando por abrigar diferentes instituições públicas de ensino superior, como Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Instituto Federal da Bahia (IFBA), e particulares, como a Faculdade São Francisco de Barreiras (FASB) e o Instituto de Educação Superior Unyahna de Barreiras (Unyahna).

O município de Luís Eduardo Magalhães (LEM), anteriormente distrito de Barreiras, denominado Mimoso do Oeste, com população estimada de 52.054 habitantes (IBGE, 2009), foi emancipado no ano de 2000. Possui a décima economia da Bahia e é responsável por 60% da produção de grãos do Estado. No município, são cultivados mais de 270 mil hectares, dos quais o plantio da soja ocupa área superior a 175 mil. Outras culturas em importância são milho, algodão e frutas tipo exportação (PREFEITURA LEM, 2009).

Considerado o maior produtor de algodão do País (AIBA, 2009), o município de São Desidério, com 27.513 habitantes (IBGE, 2009), até a década de 1980 sobreviveu da agricultura de subsistência,

onde pouco se produzia e seu comércio praticamente inexistia. Nessa década, devido à chegada do “elemento colonizador”, conhecido popularmente como “gaúcho”, que muito contribuiu para o desenvolvimento agrícola através da mecanização das terras e da introdução de um novo modelo de cadeia produtiva, hoje, é na agricultura que São Desidério concentra grande parte da sua riqueza (PREFEITURA SÃO DESIDÉRIO, 2010).

Além da riqueza agrícola do município, São Desidério apresenta grande potencial ecoturístico, como grutas, sítios arqueológicos, o maior lago subterrâneo do País, diversos rios perenes, paredões rochosos favoráveis à prática de rapel e tirolesa, trilhas ecológicas, cachoeiras e lagos, e o Parque da Lagoa Azul, com vários atrativos naturais.

Estudos revelam que a região Oeste na pré-história era habitada por tribos indígenas. A descoberta de sítios arqueológicos, urnas funerárias e pinturas rupestres, que ainda hoje podem ser encontradas em grutas de São Desidério, atesta indícios de vida humana na época das cavernas (PREFEITURA SÃO DESIDÉRIO, 2010).



2.3 QUALIDADE DAS ÁGUAS

O Programa Monitora foi lançado pelo governo da Bahia em 2007 para monitorar a qualidade das águas dos 100 maiores rios do Estado. Tendo como órgão executor o Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), o objetivo do programa é assegurar, de forma sustentável, a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos

respectivos usos da população baiana.

Os rios da bacia do Rio Grande analisados nas campanhas do Programa Monitora apresentaram, de modo geral, ótimas condições. Nesta região, são monitorados 10 pontos (Tabela 2) e realizadas análises de 72 parâmetros ao longo do ano (INGÁ, 2009d).

Tabela 2 – Pontos de amostragem do Programa Monitora na bacia do Rio Grande

GRD-FEM-400					
Rio das Fêmeas		Latitude	12°24'45,7"	Longitude	45°7'1,9"
Altitude	456 m	Município	São Desidério	Ambiente	Lótico
Localização	Localizado no povoado de Sítio do rio Grande, 1ª estrada à direita da ponte sobre o rio Grande, no restaurante Vale Verde. Ponto alocado no rio das Fêmeas, a montante da confluência com o Rio Grande				
GRD-GRD-250					
Rio Grande		Latitude	12°8'54,5"	Longitude	45°0'12,0"
Altitude	444 m	Município	Barreiras	Ambiente	Lótico
Localização	Sob a ponte no centro da cidade de Barreiras				
GRD-GRD-300					
Rio Grande		Latitude	12°7'11,6"	Longitude	44°58'4,7"
Altitude	441 m	Município	Barreiras	Ambiente	Lótico
Localização	Ponto a jusante do município de Barreiras, local conhecido como porto de lavagem de brita				
GRD-GRD-700					
Rio Grande		Latitude	11°20'42,5"	Longitude	43°49'34,6"
Altitude	350 m	Município	Wanderley	Ambiente	Lótico
Localização	No rio Grande, na BA 225. Coincide com a estação da ANA nº 46902000				
GRD-GRD-800					
Rio Grande		Latitude	11°9'19,1"	Longitude	43°22'16,8"
Altitude	411 m	Município	Barra	Ambiente	Lótico
Localização	Município de Barra no povoado de Estreito, abaixo da ponte na BA 443				
GRD-GRD-900					
Rio Grande		Latitude	11°5'33,7"	Longitude	43°8'25,8"
Altitude	-	Município	Barra	Ambiente	Lótico
Localização	Encontro do rio Grande com o rio São Francisco em frente ao mercado principal				



GRD-PRT-850					
Rio Preto		Latitude	11°14'11,1"	Longitude	43°56'50,9"
Altitude	350 m	Município	Mansidão	Ambiente	Lótico
Localização	No rio Preto, na BA-225. Coincide com a estação da Agência Nacional das Águas-ANA nº 46870000				
GRD-RBR-400					
Rio Branco		Latitude	12°0'22,3"	Longitude	44°56'34,4"
Altitude	432 m	Município	Riachão das Neves	Ambiente	Lótico
Localização	Na ponte da BR 135, no trecho entre Barreiras e Riachão das Neves, a jusante da confluência com o Rio de Janeiro				
GRD-RJN-400					
Rio de Janeiro		Latitude	11°53'54,2"	Longitude	45°36'38,1"
Altitude	724 m	Município	Barreiras	Ambiente	Lótico
Localização	Trecho entre Barreiras e Luiz Eduardo Magalhães, 25 km antes da cidade de Luís Eduardo Magalhães, na 2ª ponte da estrada BA 458 (conhecida como anel da soja)				
GRD-RON-600					
Rio de Ondas		Latitude	12°7'2,0"	Longitude	45°4'5,2"
Altitude	463 m	Município	Barreiras	Ambiente	Lótico
Localização	Na captação de água para o abastecimento urbano do município				

Fonte: Programa Monitora¹.

Os resultados das análises foram organizados por pontos de amostragem, gráficos de parâmetros, relatórios de parâmetros (físico-químico-biológicos e de detecção de pesticidas) e gráficos do Índice de Qualidade da Água (IQA).

Na Tabela 3 apresenta-se a classificação do curso d'água de acordo com o Índice de Qualidade da Água (IQA), a qual foi utilizada na Figura 9, para mostrar os resultados referentes aos pontos de amostragem da bacia do Rio Grande.

Tabela 3 – Classificação do curso d'água de acordo com o índice de qualidade da água (IQA).

Classificação	Cor	Faixa IQA
Ótima		79 < IQA ≤ 100
Boa		51 < IQA ≤ 79
Regular		36 < IQA ≤ 51
Ruim		19 < IQA ≤ 36
Péssima		IQA ≤ 19

Fonte: CETESB, 2009.

2.4 COMITÊ DA BACIA

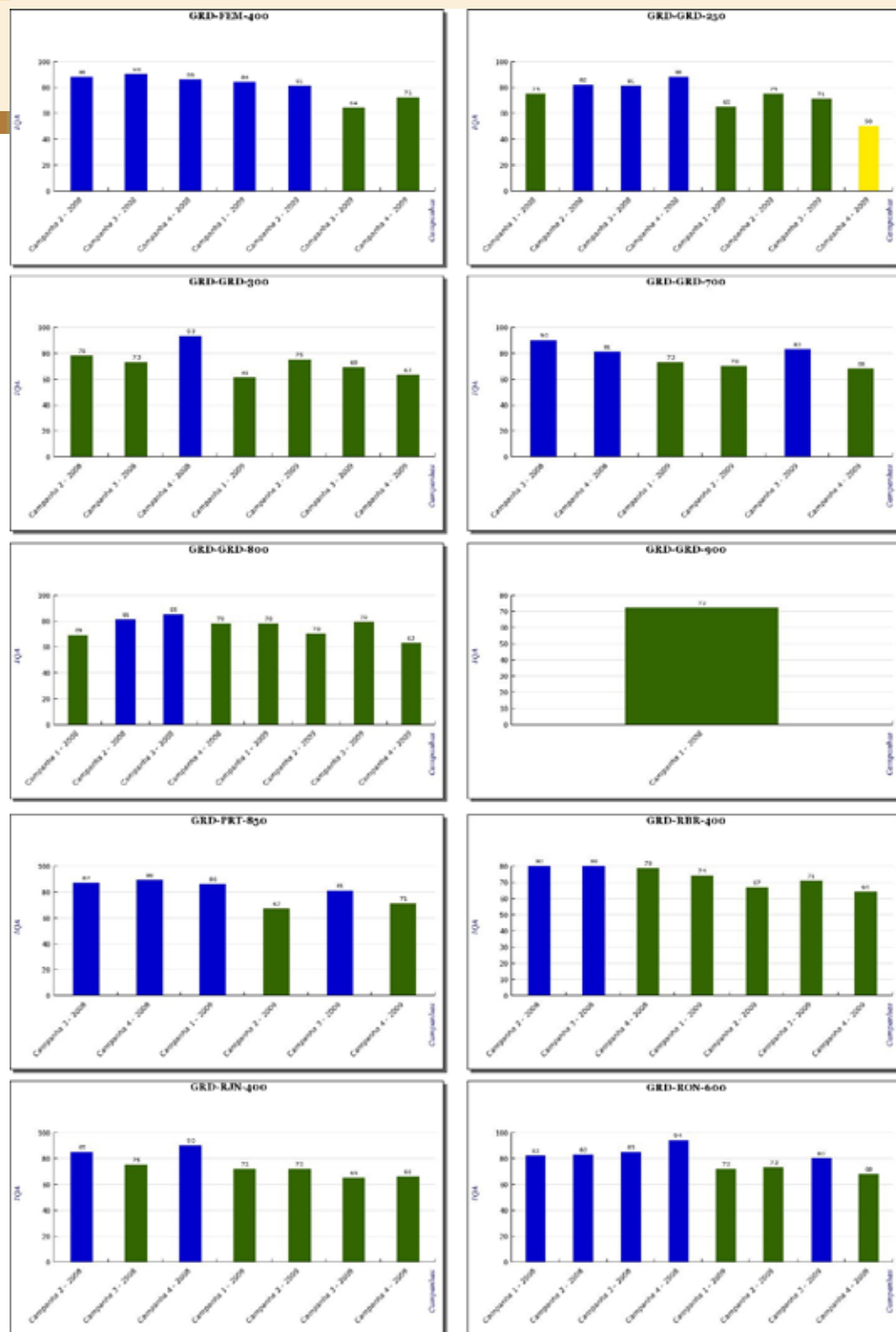


Figura 9 – Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos pontos de amostragem da bacia do Rio Grande.

O comitê de bacia é o foro de discussão e decisão para que a comunidade da bacia hidrográfica possa intervir na gestão do uso da água de forma descentralizada e participativa, conforme prevê a Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (Lei Federal 9.433/97 e Lei Estadual 10.432/06).

Em bacias estaduais, como o caso da bacia do Rio Grande, o comitê é criado por decreto estadual, a partir da demanda dos usuários e da sociedade civil da região. Esse comitê deve atuar em toda a área da bacia, no caso da Bahia definida como Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA).

Cada comitê de bacia está submetido ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) e cabe ao Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ) o papel de secretaria-executiva do comitê, dando suporte ao processo de formação e garantindo a articulação necessária à representatividade de todos os setores (poder público, usuários e sociedade civil) nas eleições nos comitês de bacias

(INGÁ, 2009a).

O processo de formação do comitê da bacia do Rio Grande iniciou-se através da Resolução nº 19, de 23 de agosto de 2007 (CONERH, 2007), que instituiu o comitê e empossou a diretoria provisória com o mandato de oito meses e com a incumbência exclusiva de coordenar a organização e instalação do comitê.

O processo eleitoral para formação do comitê da bacia do Rio Grande foi iniciado com a publicação de edital, em setembro de 2007, no Diário Oficial do Estado, convocando os usuários de água, poder público e sociedade civil a se habilitarem para concorrer às vagas de representação por segmento. Foram convidados representantes de instituições das diferentes categorias, com interesse no uso, preservação e recuperação das águas da bacia, para assegurar a presença da sociedade civil e dos pequenos usuários na participação do processo (INGÁ, 2008).



A primeira composição do comitê da bacia do Rio Grande foi assim formada:

Poder Público Municipal

Titulares

Prefeitura de Barra
 Prefeitura de Formosa do Rio Preto
 Prefeitura de Luiz Eduardo Magalhães

Poder Público Estadual e Federal

Titulares

Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF)
 Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA)
 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA)
 Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ)
 Secretaria de Meio Ambiente (SEMA)

Sociedade Civil

Titulares

Associação dos Amigos da Natureza de Barreiras e Região (AMINA)
 Associação dos Moradores Várzea Comprida
 Federação de Agricultura do Estado da Bahia (FAEB)
 Instituto de Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável do Oeste (BIOESTE)
 Quilombo do Riacho da Sacutiaba
 Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Wanderley (STR/Wanderley)
 Universidade Estadual da Bahia (UNEB/Barreiras)
 Universidade Federal da Bahia (UFBA/Barreiras)

Suplentes

Associação dos Pequenos Produtores de Água Boa
 Paróquia Santa Rita de Cássia
 Sindicato dos Trabalhadores de Cotegipe
 Sindicato dos Trabalhadores em Água e Esgoto
 Sociedade Educacional Arnaldo Horácio Ferreira (SEAHF)
 Tapuia Sarapó

Usuários

Titulares

Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA)
 Associação dos Pescadores P. A. V. do Rio Grande
 Associação dos Produtores de Boa Sorte
 Colônia Z 64 de Riachão das Neves
 Comercial Agrícola Ltda.
 Cotton Placas Ltda.
 Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA)
 Galvani Indústria, Comércio e Serviços Ltda.
 Pequena Central Hidrelétrica Usina Santa Cruz (PCH/Santa Cruz)

Suplentes

Mineração 2000 Ltda.
 Nelsir Antonio Zancanrio
 Pró-Ativa Assessoria Ambiental

A diretoria executiva, da primeira composição eleita do comitê, foi assim formada:

Presidência

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Representante legal: Joana Angélica Guimarães da Luz
 Segmento: Sociedade Civil

Vice-Presidência

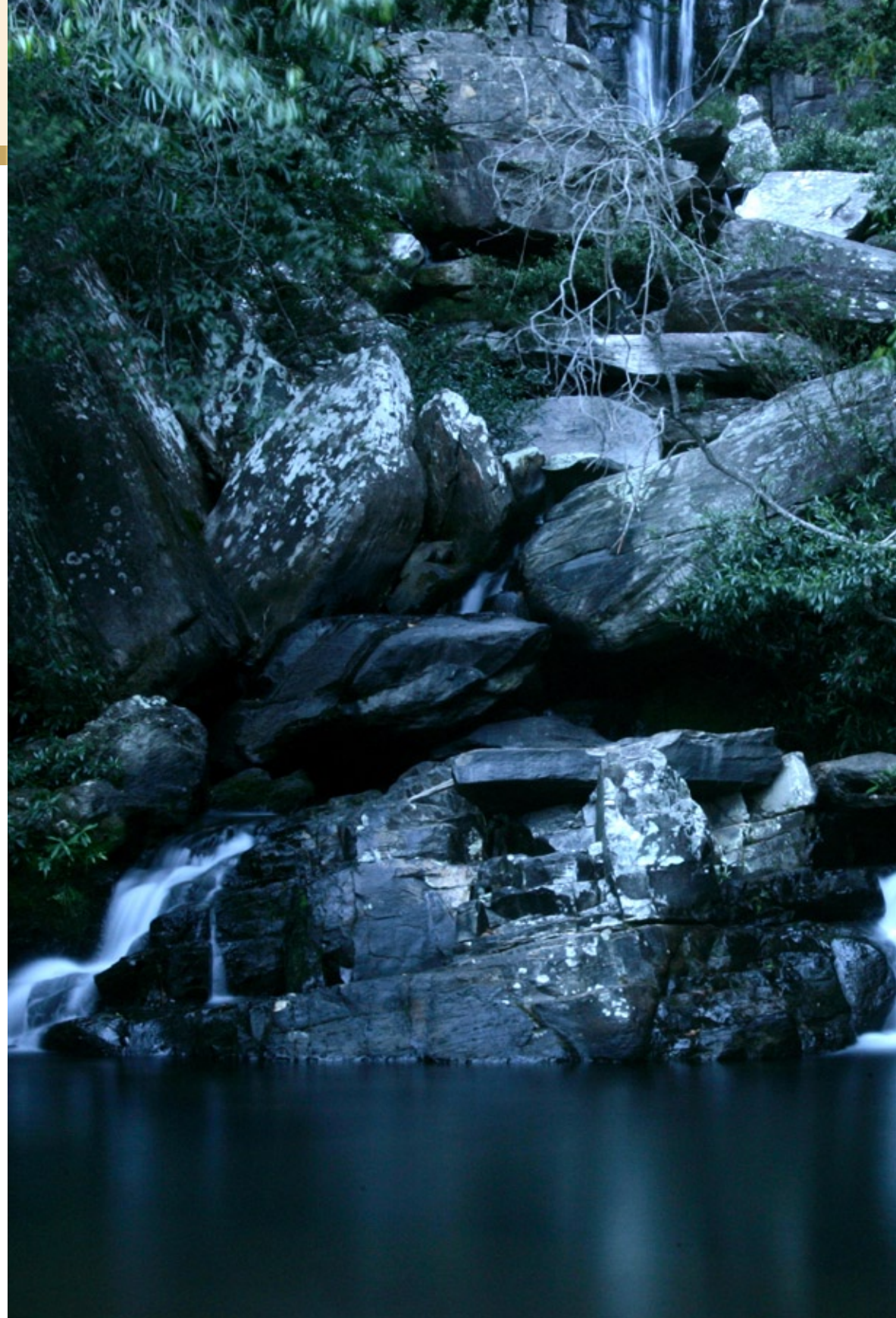
Associação dos Amigos da Natureza de Barreiras e Região (AMINA)
 Representante legal: Siderlon de Lemos Lopes
 Segmento: Sociedade Civil

1º Secretário

Associação dos Irrigantes da Bahia (AIBA)
 Representante legal: José Cisino M. Lopes
 Segmento: Usuário

2º Secretário

Colônia Z 64 de Riachão das Neves
 Representante legal: Antonio Rodrigues dos Santos
 Segmento: Usuário



2.5 REGIÕES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DO ESTADO DA BAHIA

Uma bacia hidrográfica consiste de uma área formada por um conjunto de terras e canais de drenagem, que faz convergir o escoamento superficial oriundo das precipitações para um único ponto de saída, o exutório ou foz da bacia. A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que orientam os cursos d'água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas.

A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. No Estado da Bahia, as bacias hidrográficas estão agrupadas por Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA), sob gestão do INGÁ, com a participação dos comitês de bacias hidrográficas (CBH).

A primeira proposta de divisão do Estado para fins

de gestão dos recursos hídricos, ainda no início da década de 1990, dividia a Bahia em 13 regiões, chamadas de bacias hidrográficas. Com a Lei Estadual nº 6.855/95, a partir das necessidades institucionais e de revisão do sistema de gestão estadual, a Bahia foi dividida em 10 Regiões Administrativas de Água (RAA) (INGÁ, 2009e).

Em 2009, com a Resolução nº 43 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), foi publicada uma nova divisão hidrográfica da Bahia, com 26 RPGA (Figura 10). Para a elaboração da proposta, foram observados aspectos relevantes quanto à eficiência da gestão das águas, a exemplo da socioeconomia e dos usos da água mais homogêneos; a distância de deslocamento dos membros dos Comitês; a capacidade de mobilização em uma região; e o número de municípios envolvidos (INGÁ, 2009e).

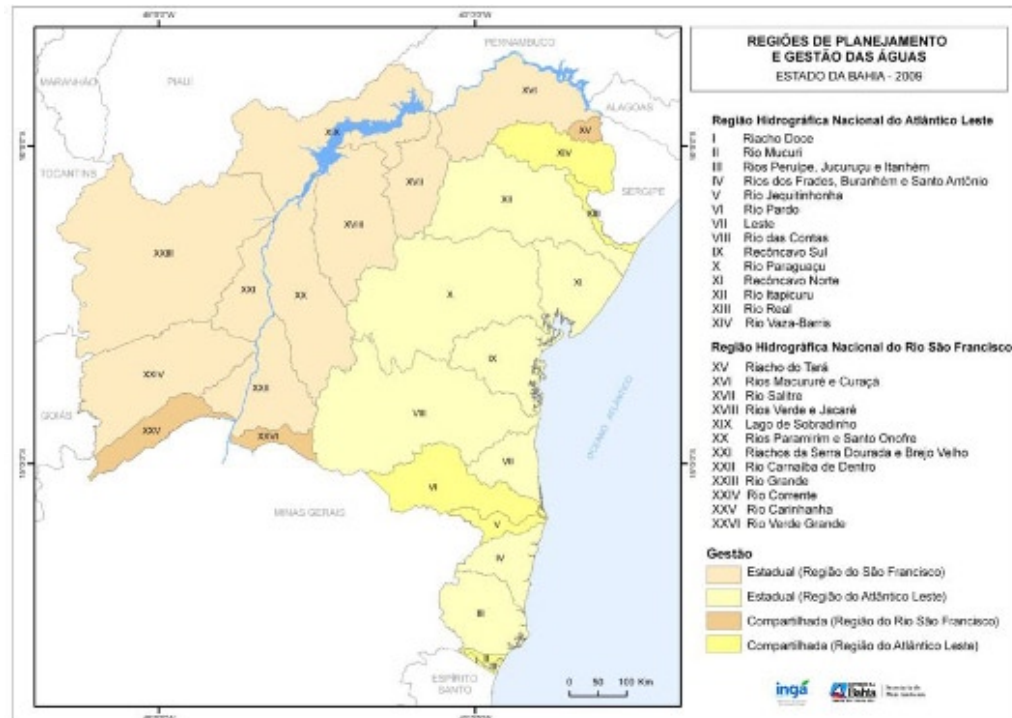


Figura 10 – Regiões de planejamento e gestão do Estado da Bahia.
Fonte: INGÁ, 2009e.

2.6 REDE DE DRENAGEM

A bacia tem como rio principal o Rio Grande (Figura 11). O Rio Grande tem sua nascente nas proximidades da divisa entre Bahia e Goiás e percorre 502 km até desaguar no Rio São Francisco, no município de Barra-BA. De nascente até a foz, verifica-se no Rio Grande um desnível de aproximadamente 450 m.

As cabeceiras do Rio Grande e de seus afluentes da margem esquerda encontram-se em região com chuvas abundantes, que garantem os deflúvios perenes em todo o ano. Já na parte média e oriental da bacia reina um clima subúmido a semiárido, característico da região do curso médio do São Francisco, onde as chuvas escassas contribuem pouco para os deflúvios dos rios. Os afluentes que se formam nesta parte da bacia possuem, em sua maioria, regime de escoamento intermitente.

Os afluentes situados na margem esquerda do Rio Grande apresentam maior disponibilidade hídrica que os da direita. São dois os motivos: o primeiro é que a concentração de chuvas deste lado da bacia é

maior, e o segundo é devido à alimentação que estes recebem dos aquíferos da área, especialmente o arenito Uruçuaia, que mantém os rios perenes durante todo o tempo (SRHSH, 1993). O Rio Grande corre em direção geral SO-NE, recebendo seus principais tributários pela margem esquerda, sendo eles os rios: das Fêmeas, de Ondas, Branco e Preto, com áreas de drenagem de 6.211km², 5.391km², 8.045 km²; e 22.091 km², respectivamente. Todos esses afluentes correm em direção geral O-E. Pela margem direita, o Rio Grande recebe como afluente mais importante o Rio São Desidério, com uma bacia de drenagem de 4.480 km², além dos rios Boa Sorte e Tamanduá (2.436 km²), que são de menor porte.

O Rio Grande apresenta, em geral, largura uniforme, mas, na confluência com o Rio Preto, verifica-se brusco estreitamento do curso do rio em extensão reduzida, indicando que o curso d'água cortou sua passagem através da Serra do Boqueirão enquanto se formava. (INGÁ, 2009).

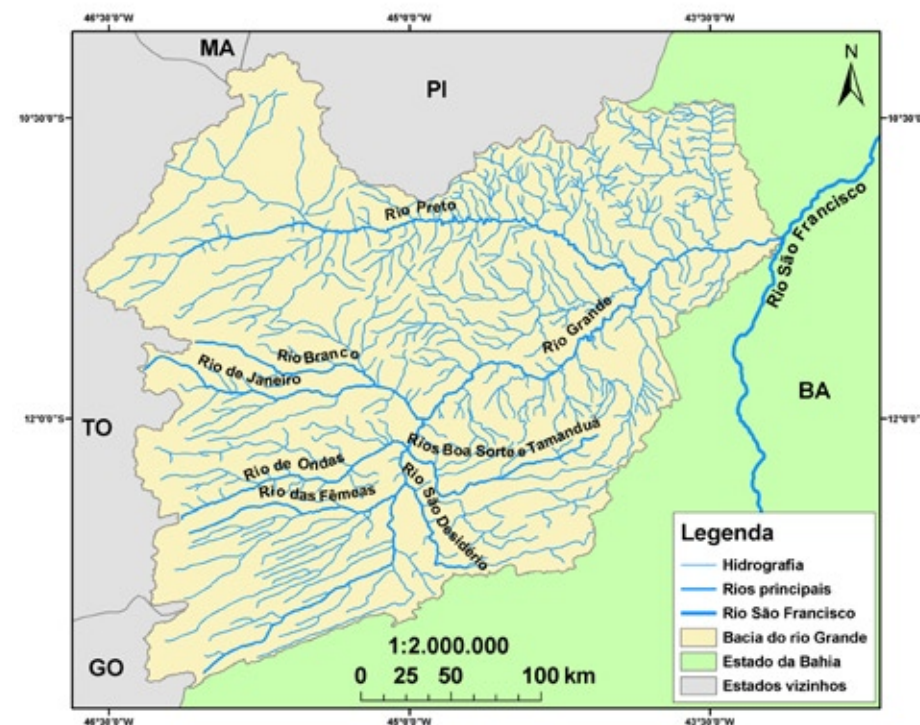


Figura 11 – Hidrografia da bacia do Rio Grande.

2.7 DADOS HIDROLÓGICOS

2.7.1 PLUVIOMÉTRICOS

Na bacia do Rio Grande existem mais de 150 estações pluviométricas disponíveis no sistema de informações hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas (ANA), mas apenas 57 postos possuem séries históricas com mais de 10 anos de dados (Figura 12). Essa quantidade totaliza, em média, um posto a cada 1.315 km².

Observa-se nas séries históricas das estações pluviométricas da bacia que há disparidade entre os períodos das séries dos vários postos. A maioria tem início de observações nos anos de 1960, havendo, no entanto, algumas com informações mais antigas. A extensão de tais séries varia de uns poucos anos a mais de 40 anos, sendo a estação Barra aquela que apresenta a maior série de dados da bacia (69 anos), com início dos registros no ano de 1912.

Observa-se, na distribuição das estações, que há maior concentração na região Central e Nordeste da bacia, sendo a região mais a Oeste, próximo aos limites com os estados de Goiás e Tocantins, a que apresenta maior carência de postos pluviométricos.

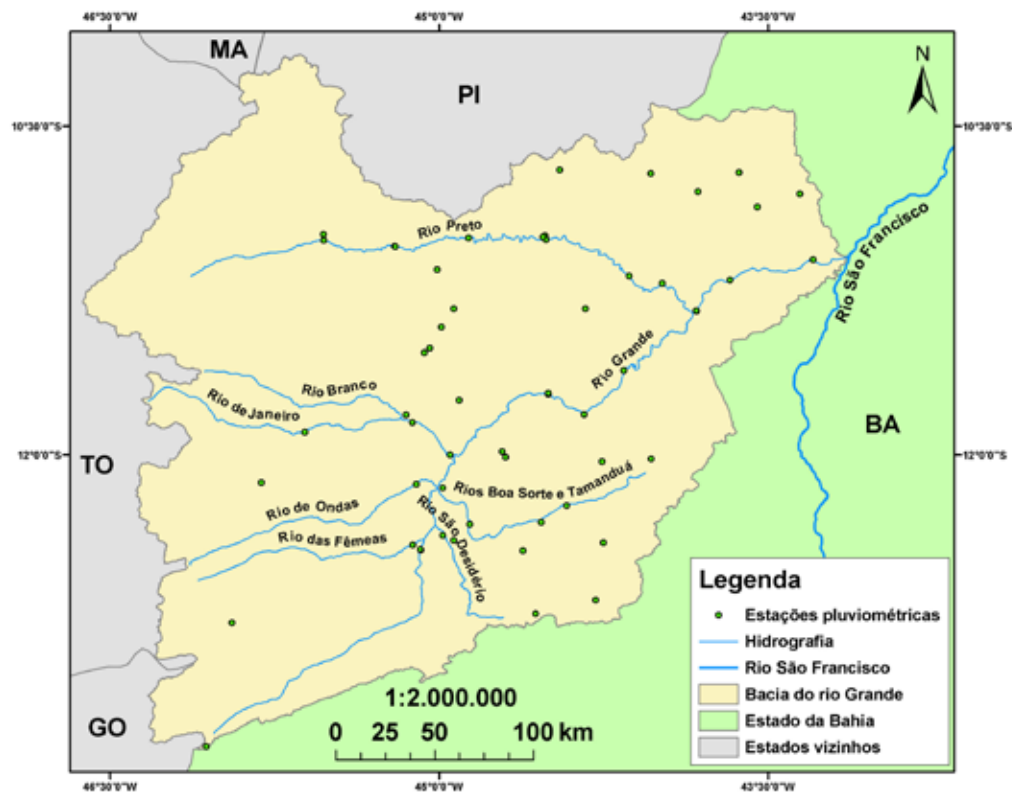


Figura 12 – Estações pluviométricas da bacia do Rio Grande.
Fonte: HIDROWEB, 2009.

2.7.2 FLUVIOMÉTRICOS

A bacia do Rio Grande possui 98 estações fluviométricas disponíveis no sistema de informações hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas (ANA). Destas, 28 possuem dados (Figura 13) e em apenas 15 os dados são consistidos. Essa quantidade de estações com dados consistidos totaliza um posto, em média, a cada 5.000 km².

A distribuição desses postos, embora cubra praticamente toda a bacia em estudo, denota a carência de medições em locais próximos às cabeceiras dos cursos d'água. Verifica-se a inexistência de medições de vazão a Oeste da bacia, principalmente próximo às cabeceiras dos cursos

d'água. Assim, qualquer avaliação de vazões nessas localidades deverá ser feita com dados extrapolados dos postos disponíveis, o que pode ser razoável, porém não o ideal, em virtude do comportamento não linear dos escoamentos nas bacias (SRHSH, 1993).

A perenização dos rios, bem como a reduzida amplitude entre vazões extremas, considerada a concentração das chuvas no período de verão, deve-se ao aquífero do Urucuia, o qual mantém um escoamento de base atuando com uma função regularizadora semelhante à de reservatórios obtidos por barramento de curso d'água (SRHSH, 1993).

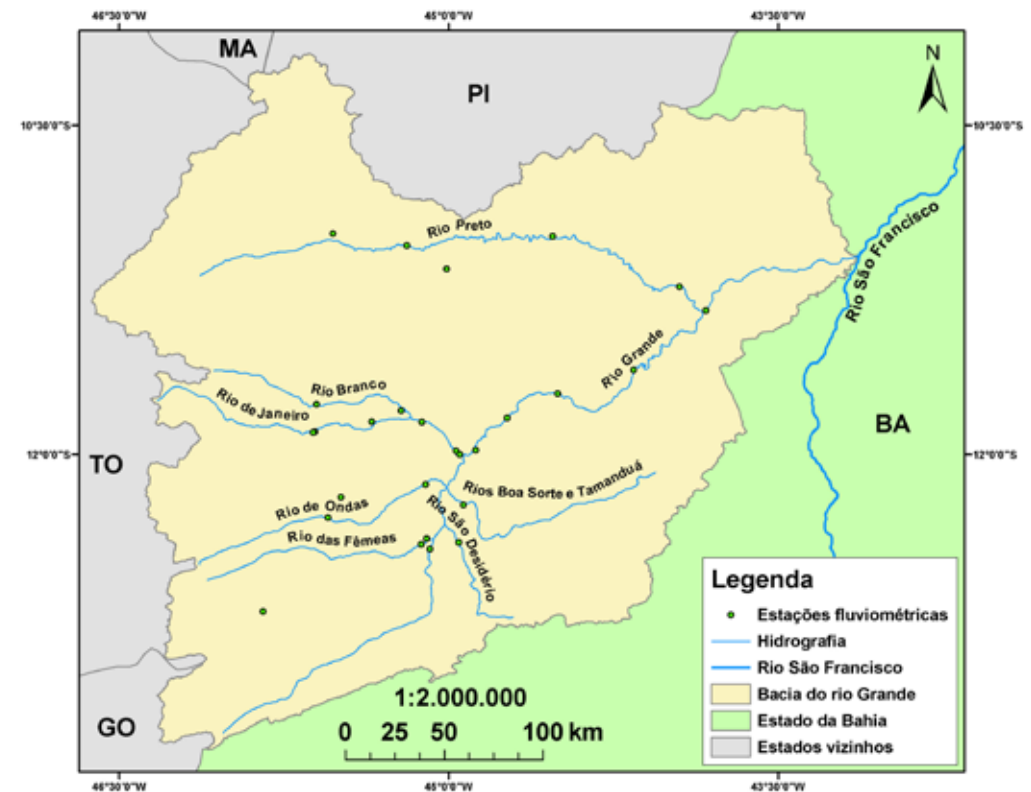


Figura 13 – Estações fluviométricas da bacia do Rio Grande.
Fonte: Hidroweb (2010).

2.8 PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS

Os planos diretores de recursos hídricos visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. São planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. Possuem o seguinte conteúdo mínimo:

- diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e
- propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos (Brasil, 1997).

Os planos diretores de recursos hídricos são elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País. A Agência Nacional de Águas (ANA), em 2006, apresentou o *Plano Nacional de Recursos*

Hídricos. O Plano tem por objetivo estabelecer um pacto nacional para definir as diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social (PNRH, 2006).

No Estado da Bahia, o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) foi lançado em 22 de março de 2005, dentro das comemorações do Dia Mundial da Água, pelo Governo do Estado da Bahia. Devido à dinâmica das ações humanas no território, o PERH deve ser ajustado periodicamente, de acordo com novas demandas e alterações apresentadas pela sociedade. No ano de 2009 foi iniciada ampla revisão do PERH, levando-se em consideração as mudanças ambientais, legais, econômicas e sociais ocorridas ao longo dos últimos cinco anos (INGÁ, 2009c).

O primeiro plano da bacia do Rio Grande, e até o momento único, foi apresentado em 1993 pela Coordenação de Recursos Hídricos da Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação do Governo do Estado da Bahia (SRHSH, 1993). Tendo sido desenvolvido pela empresa Higesa Engenharia Ambiental Ltda. de Salvador-BA, o plano se ateve à área de drenagem do Rio Grande até a confluência com o Rio Branco, compreendida entre as coordenadas 11°15' e 13°30'S de latitude e 43°45' e 46°30'O de longitude, abrangendo área de aproximadamente 32.200 km² (Figura 14).

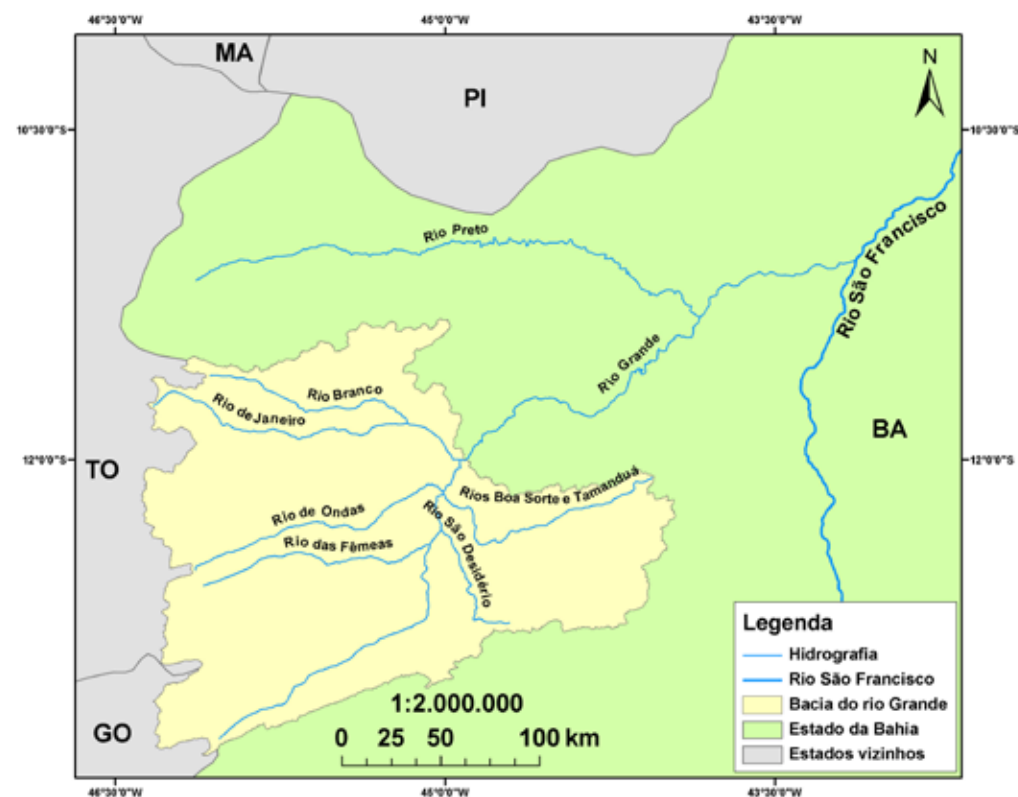


Figura 14 – Área de abrangência do primeiro plano de recursos hídricos da bacia do Rio Grande. Fonte: SRHSH, 1993.

2.9 ENQUADRAMENTO

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, estabelece a meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo (Brasil, 1997).

Por assegurar às águas uma qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, este instrumento de gestão, previsto nas Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/97 e Lei Estadual nº 11.612/09), possibilita a diminuição dos custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (INGÁ, 2009b).

A Resolução nº 357 do CONAMA estabelece em seu art. 42 que, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Uma vez que as propostas de enquadramento dos corpos de água da Bahia estão em fase de elaboração e, tendo em vista a necessidade emergencial de serem estabelecidos critérios técnicos para a outorga de lançamento de esgotos domésticos e outros efluentes líquidos, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) estabeleceu, através da Resolução nº 36, que o INGÁ, com base em estudos técnicos, poderá definir a classe correspondente a ser adotada para o enquadramento dos corpos de água, de forma transitória, com posterior aprovação do Conselho Estadual. Na Bahia, no ano de 2009, foram enquadrados

transitoriamente corpos de água nas RPGAs do Recôncavo Norte e Inhambupé e do Paraguaçu.

Segundo SRHSH (1993), o Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CEEIVASF) elaborou, em 1989, uma proposta de enquadramento para toda a bacia do Rio São Francisco, na qual é incluída a bacia do Rio Grande.

Nessa proposta, o Rio Grande possui trechos com a classe especial, da nascente até a confluência com o Rio dos Porcos; classe 1, da confluência com o Rio dos Porcos até a confluência com o Rio São Desidério; e classe 2, da confluência com o Rio São Desidério até a sua foz no Rio São Francisco.

ANA (2004c) apresentou proposta de enquadramento dos rios principais da bacia do Rio Grande no Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. A proposta foi elaborada segundo a Resolução nº 12 do CNRH, de 19 de julho de 2000, que estabelece os procedimentos para o enquadramento dos cursos d'água em classes de qualidade, e conforme a revisão da Resolução nº 20 do CONAMA, de 18 de junho de 1986, que passa a dividir em treze classes de qualidade, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.

A bacia do Rio Grande, apesar da proposta do CEEIVASF de 1989 e da ANA de 2004, não possui estudos recentes de enquadramento de seus corpos d'água, que contemplem sua totalidade e o crescimento das cidades, com o consequente lançamento de efluentes domésticos e industriais, a construção de estradas e o desmatamento para implantação da agricultura.

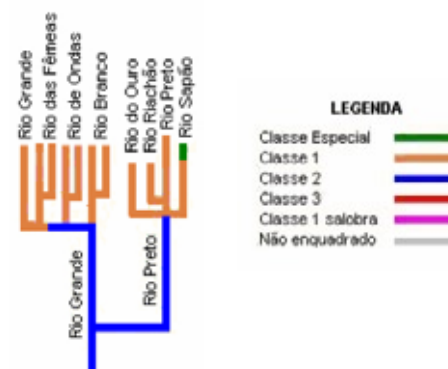


Figura 15 – Proposta de enquadramento dos rios principais da bacia do Rio Grande. Fonte: ANA, 2004c.



3 Documentação técnica

3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A água é um elemento essencial para a garantia da qualidade de vida humana. No relatório elaborado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), intitulado “Water for people, water for life” (UNESCO, 2003), é apresentada ampla análise da disponibilidade atual dos recursos hídricos, sendo mencionado que 1,1 bilhão de habitantes não têm água em quantidade suficiente nem mesmo para garantir as suas necessidades básicas.

Considerando as projeções apresentadas nesse mesmo relatório, dois diferentes cenários de crescimento da oferta e da demanda de uso da água indicam que aproximadamente 7 bilhões de pessoas em 60 países (projeções pessimistas) ou 2 bilhões em 48 países (projeções otimistas) sofrerão com a falta de água até a metade do século XXI.

O Brasil é, reconhecidamente, detentor de uma das maiores reservas hídricas do planeta. A magnitude desse patrimônio dá também a medida da responsabilidade dos brasileiros quanto a sua conservação e uso sustentável, em benefício próprio, do equilíbrio ecológico planetário e da sobrevivência da humanidade (SILVA e ELESBON, 2010).

Embora o Brasil possua uma situação privilegiada no que diz respeito à disponibilidade de água, sua distribuição não é uniforme no Território Nacional, pois, enquanto a Região Norte dispõe de 68,5% dos recursos hídricos e uma população de apenas 7% da população nacional, o Sudeste, onde moram 42,6% dos habitantes, tem apenas 6% dos recursos hídricos disponíveis (EUCLYDES et al., 2007).

A bacia do Rio São Francisco, com área de aproximadamente 640.000 km², apresenta disponibilidade hídrica de 64,4 bilhões de m³ ano⁻¹,

respondendo por 69% das águas superficiais do Nordeste brasileiro (ALMANAQUE, 2001). As precipitações médias anuais na bacia variam de 400 mm, na região do Submédio, a 1.600 mm na região do Alto São Francisco (RAMOS e PRUSKI, 2003), indicando que o regime pluviométrico irregular e deficitário em algumas áreas torna o uso da irrigação indispensável para a agricultura e conduz à necessidade de maior atenção governamental quanto ao problema da seca.

A disponibilidade hídrica *per capita* na bacia do Rio São Francisco é de 7.024 m³ ano⁻¹ hab⁻¹. A maior disponibilidade hídrica encontra-se no Médio São Francisco, com 15.167 m³ ano⁻¹ hab⁻¹, seguida do Alto (6.003 m³ ano⁻¹ hab⁻¹), do Baixo (1.172 m³ ano⁻¹ hab⁻¹) e do Submédio (899 m³ ano⁻¹ hab⁻¹) (ANA, 2004a). Apesar de o Médio possuir a maior disponibilidade hídrica *per capita*, em algumas áreas são verificados volumes *per capita* inferiores aos considerados pela UNESCO como o mínimo necessário para a garantia de uma qualidade de vida saudável (1.700 m³ ano⁻¹ hab⁻¹).

No que diz respeito aos usos consuntivos, a demanda de água na bacia do Rio São Francisco é de 166 m³ s⁻¹, sendo o principal usuário a irrigação, responsável por 69% dessa demanda (ANA, 2004b). Em diversas partes da bacia já são evidenciados conflitos pelo uso da água, como nas sub-bacias dos rios Verde Grande, Carinhanha, Paracatu e Grande.

Esses conflitos tendem a se acirrar em razão de uma série de fatores, como a ampliação da área de agricultura irrigada, a necessidade de maior produção de energia elétrica para atender ao crescimento da demanda e à execução das ações de transposição de parte das águas do Rio São Francisco para outras bacias.

3.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Quando há baixa densidade demográfica, ocupação pouco intensiva do solo e desenvolvimento industrial restrito, o controle do uso da água exige menores cuidados; entretanto, à medida que o seu uso se amplia e passam a surgir conflitos, é necessária maior atenção para a proteção dos recursos hídricos visando ao seu aproveitamento racional (SETTI et al., 2001).

Problemas advindos dos conflitos pelo uso da água, como os já evidenciados em diversas bacias brasileiras, remetem à necessidade de um adequado programa de gestão de recursos hídricos. Segundo Setti et al. (2001), gestão de recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o seu uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) constitui grande avanço na gestão dos recursos hídricos no Brasil (Tabela 4), tendo como preceitos básicos: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento; a consideração dos múltiplos usos da água; o reconhecimento da água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico; e a necessidade da consideração da gestão descentralizada e participativa desse recurso (BRASIL, 1997).

Um dos instrumentos da PNRH para a gestão dos recursos hídricos é a outorga de direito de uso da água. O instrumento de outorga concede por um período preestabelecido o direito de uso de determinada quantidade de água, condicionado à sua disponibilidade, de tal modo que assegure ao gestor o controle quantitativo e qualitativo do seu uso, ao mesmo tempo que garante ao usuário o direito de uso da água de forma pessoal e intransferível.

Tabela 4 – Evolução cronológica da gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil

Ano	Evolução
1988	Inserção na Constituição Federal, dentre as competências da União, da obrigação de instituir um sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
1995	Criação da Secretaria de Recursos Hídricos – SRH.
1997	Criação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Regulamentação e institucionalização do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).
2000	Criação da Agência Nacional das Águas – ANA.
2006	Lançamento do Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

Fonte: SILVA e ELESBON, 2010.

A outorga depende da análise, no tempo e no espaço, da disponibilidade e da necessidade hídrica para a conservação do meio biótico (CRUZ e TUCCI, 2005). Assim, o conhecimento da disponibilidade de água é a informação básica para a tomada de decisão no processo de outorga, sendo que as limitadas séries de dados fluviométricos disponíveis e a necessidade de se conhecer a vazão, ao longo da rede hidrográfica, dificultam ou, muitas vezes, impedem a realização de uma adequada gestão de recursos hídricos.

Apesar dos esforços da Agência Nacional de Águas, através da Superintendência de Informações Hidrológicas, em ampliar a rede hidrometeorológica do País, Tucci (2002) afirma que uma rede hidrométrica não cobre todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região, de forma que sempre existirão lacunas temporais e espaciais que necessitam ser preenchidas com base em metodologias que busquem melhor estimativa dos dados de interesse em seções que não possuem medições.

Outro problema afeito ao conhecimento da disponibilidade hídrica é a quantificação das vazões consumidas pelos diversos usuários. Essa quantificação permite melhor compreensão do comportamento hidrológico, propiciando a obtenção da real disponibilidade hídrica da bacia. Nesse sentido, as vazões naturais, obtidas pela soma da vazão observada com as vazões de retirada, podem auxiliar a busca de um índice mais efetivo em substituição aos utilizados hoje para

concessão de outorga, que são, de modo geral, muito restritivos, por não representarem, com exatidão, o potencial hídrico da região.

Tendo em vista essa preocupação, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) tem desenvolvido um trabalho de levantamento das informações dos usos consuntivos da água nas principais bacias do sistema interligado nacional, a fim de obter as séries de vazões naturais e fundamentar cenários evolutivos do uso e disponibilidade dos recursos hídricos.

Para superar a dificuldade encontrada para cobrir todos os locais de interesse necessários ao adequado gerenciamento dos recursos hídricos de uma região, tem sido utilizada a técnica de regionalização de vazões para transferir espacialmente as informações dentro de regiões hidrológicamente homogêneas, a partir dos dados disponíveis em determinadas localidades.

Diversas metodologias para essa finalidade encontram-se disponíveis, como as descritas por Eletrobras (1985a), Eletrobras (1985b) e Chaves et al. (2002). Além dessas metodologias, outras têm sido propostas, como a de Novaes et al. (2009), que desenvolveu um procedimento de ajuste das vazões mínimas e média ao longo da hidrografia de uma bacia, visando otimizar o processo de gestão de recursos hídricos.

A aplicação desses modelos de regionalização constitui outra dificuldade na quantificação da disponibilidade de água, pelo fato de eles, na maioria dos casos, necessitarem do conhecimento de informações físicas da bacia.

3.3 MODELOS HIDROLÓGICOS E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Os modelos hidrológicos são ferramentas utilizadas para melhor entender e representar o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. A aplicação desses modelos é limitada pela heterogeneidade física da bacia e dos processos envolvidos no ciclo hidrológico, o que tem propiciado o desenvolvimento de grande número de modelos (TUCCI *et al.*, 2002).

Diversos modelos hidrológicos têm sido desenvolvidos no exterior para caracterizar a disponibilidade hídrica, bem como avaliar o impacto na disponibilidade de água em condições de mudanças no clima ou no uso do solo (FERRAZ *et al.*, 1998; SILVEIRA *et al.*, 1998; CIRILO *et al.*, 1997; CATALUNHA, 2004). Dentre os mais conhecidos, podem-se citar o Topographic Based Hydrological Model (TOPMODEL), o Soil and Water Assessment Tool (SWAT), o Areal Non-point Source Watershed Response Simulation (ANSWERS-2000), o MIKESHE e o MODSIM.

A aplicação e o ajuste dos parâmetros desses modelos à realidade brasileira, no entanto, têm sido um desafio para os profissionais e os pesquisadores da área, devido às grandes diferenças entre as condições edafoclimáticas para as quais os modelos foram desenvolvidos e aquelas existentes nas condições brasileiras. Soma-se a esse fato a dificuldade de implantação desses modelos para o gerenciamento de recursos hídricos, em razão da complexidade dos usos da água e à dinâmica ambiental, no tempo e no espaço, da bacia hidrográfica.

Uma sensível evolução no desenvolvimento dos modelos hidrológicos foi o surgimento dos sistemas de informações geográficas (SIGs), os quais estimularam a construção de diversos sistemas integrados, conectando os modelos hidrológicos às bases de dados espaciais (CHAVES, 2002). A complexidade dos usos da água em uma bacia hidrográfica de-

manda, entretanto, o desenvolvimento de sistemas capazes de coletar, armazenar e processar os fatos associados a eventos (dados) sobre o ambiente que o cerca, transformando-os em informação útil para o processo de gestão de recursos hídricos.

Fistarol *et al.* (2004) afirmam que os sistemas de informações de recursos hídricos surgiram pela necessidade de dinamizar o processo de gestão participativa, uma vez que permitem contemplar a crescente complexidade dos múltiplos usos da água, forçando a melhoria da dinâmica gerencial e a oferta de serviços gerada pelo desenvolvimento tecnológico.

No Brasil, embora os instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos tenham sido criados pela Lei 9.433/97 para lidar com conflitos de uso da água e promover a recuperação ambiental das bacias, até o presente momento registram-se avanços ainda incipientes na implementação desses sistemas, dificultando a ação dos órgãos gestores e comitês de bacias.

Analisando vários sistemas de informações de recursos hídricos, Fistarol *et al.* (2004) observaram que existem diferenças expressivas entre eles, advindas principalmente do fato de cada sistema possuir características determinadas pelo objetivo para o qual foi desenvolvido.

Verificam-se, portanto, que há sistemas para simulação e estimativa das vazões ao longo da rede hidrográfica de uma bacia; para cadastro e gerenciamento dos usuários de água; para a estimativa das vazões no âmbito de uma bacia hidrográfica; para concessão de outorga de uso da água; e para gerenciamento e disponibilização de informações sobre os recursos hídricos afetados à bacia.

Dentre os sistemas que permitem realizar simulações das vazões ao longo da rede hidrográfica

de uma bacia hidrográfica estão o PROPAGAR, desenvolvido por Viegas Filho e Lanna (2003), e o Sistema de Suporte à Decisão AcquaNet, desenvolvido por Porto *et al.* (2005) e apresentado em sua nova versão por Roberto *et al.* (2007).

Para o gerenciamento dos usuários de água de uma bacia destacam-se o sistema desenvolvido por Castro Junior *et al.* (2000) e o desenvolvido pelo Grupo de Estudo e Ações em Recursos Hídricos (GEARH), vinculado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, denominado Sistema de Apoio a Gestão das Águas (SAGA) (ZAMPROGNO *et al.*, 2005).

Por sua vez, o Atlas Digital das Águas de Minas, desenvolvido por Euclides *et al.* (2007), permite estimar as vazões para qualquer seção ao longo da hidrografia do Estado de Minas Gerais, através do processo de regionalização de vazões.

Visando fornecer subsídios para o processo de concessão de outorga de uso da água por órgãos gestores de recursos hídricos destacam-se: o Sistema para Gestão e Estudo em microbacias (SGEB), desenvolvido por Catalunha (2004); o Sistema de Suporte à Decisão proposto para a gestão qualitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água (SSD RB), desenvolvido por Rodrigues (2005); o Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERH), desenvolvido por Moreira (2006); o Sistema Multiusuário para Gestão Participativa das Outorgas de Direito de Uso das Águas Superficiais (AQUORA), desenvolvido por Marques (2006); o SIBAC, desenvolvido pelo grupo de pesquisa GEOHIDRO da Universidade Federal de Mato Grosso (ZEILHOFER *et al.*, 2007); a plataforma generalizada para análise de outorga para captação de água e para lançamento de efluentes, desenvolvida por Roberto *et al.*, (2007); o Sistema de Informações e de apoio à decisão de outorga para a bacia do Paraíba do Sul, desenvolvido pela Fundação Coppetec (COPPETEC, 2001); e o modelo OutorgaLS, desenvolvido pelo Laboratório de Sistema de Suporte à Decisão em Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos (LabSid) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (RAVANELLO *et al.*, 2007).

Dentre os sistemas de gerenciamento e disponibilização de informações sobre recursos hídricos afetados à bacia está o Sistema Integrado de Gerencia-

mento de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo (SIGRH), desenvolvido pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e pela Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento (SIGRH, 2004); o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina (SIRHESC), desenvolvido por Miranda Junior *et al.* (2007); e o Sistema de Informações da bacia do Itajaí (SIBI), desenvolvido por Fistarol e Refosco (2007).

Tendo em vista os diferentes SIRH e sua fragmentação, a Agência Nacional de Águas (ANA) tem desenvolvido, em âmbito nacional, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). O SNIRH, que se encontra em desenvolvimento, tem por objetivos: reunir, dar consistência e divulgar dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar, permanentemente, as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos; e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Mesmo com os esforços da ANA no desenvolvimento de um sistema em escala nacional, o SNIRH não substituirá os sistemas regionais, tendo em vista que, dentre seus fundamentos, estão a integração e o compartilhamento de informações entre os sistemas de informações sobre recursos hídricos de todo o País.

Apesar de os sistemas disponíveis constituírem importantes contribuições para a compreensão do comportamento hidrológico da bacia, sua aplicação, a fim de fornecer subsídios para o processo de gestão dos recursos hídricos, possui, em geral, restrições, como limitações advindas da escala da rede hidrográfica, o que não permite a locação de pontos específicos na hidrografia; procedimentos de regionalização de vazões que não permitem a obtenção das vazões para áreas de drenagem inferiores ou superiores a um limite preestabelecido; a não incorporação de um modelo digital de elevação, a fim de obter automaticamente as características físicas da seção de interesse; a não consideração de possíveis descontinuidades nas vazões ao longo da hidrografia; a impossibilidade de inclusão de outorgas realizadas no cálculo das vazões ainda disponíveis para a concessão de novas outorgas; o fato de muitos deles não funcionarem *on-line* ou não se encontrarem disponíveis para utilização.

3.4 VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA E CRITÉRIOS PARA O PROCESSO DE OUTORGA

A disponibilidade hídrica natural de uma bacia pode ser avaliada pela análise das vazões mínimas, caracterizadas pela sua duração e frequência de ocorrência, refletindo o potencial natural disponível para o abastecimento de água das populações, indústrias, irrigação, navegação, geração de energia elétrica e lançamento de efluentes. Já a estimativa da vazão média permite caracterizar o potencial energético da bacia, sendo a vazão média de longa duração a vazão máxima possível de ser regularizada (RODRIGUEZ, 2004).

Inúmeros fatores de natureza hídrica, biológica, geológica, física, ambiental, social ou econômica devem ser considerados na análise do processo de outorga. O regime dos rios de uma bacia também deve ser considerado. Para rios perenes, a outorga geralmente é feita com base na vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) ou nas vazões mínimas associadas às permanências de 90% (Q_{90}) ou 95% (Q_{95}).

Somente certo percentual dessas vazões deve ser utilizado, sendo o restante considerado vazão

remanescente após o processo de outorga, que deveria ser equivalente à vazão necessária para a manutenção do meio biótico (vazão ecológica). Em rios de regime temporário ou intermitente, o processo de outorga torna-se mais complexo, pois, na época seca, o rio deixa de apresentar vazão (SILVA e RAMOS, 2001).

No Brasil, cada Estado tem adotado critérios específicos para o estabelecimento das vazões mínimas de referência para outorga sem, entretanto, apresentar justificativas para a adoção desses valores (CRUZ, 2001). Para captações superficiais, os critérios adotados para outorga são aqueles apresentados na Tabela 5. A maior parte dos órgãos gestores de recursos hídricos que emitem outorgas possui esses critérios aprovados em legislação ou em discussão para aprovação. Analisando os critérios para análise dos pedidos de outorga utilizados pelos órgãos gestores de recursos hídricos, pode-se verificar grande diversidade de vazões de referência adotadas, bem como dos percentuais considerados outorgáveis (ANA, 2005).

Tabela 5 – Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

Órgão gestor	Vazão máxima outorgável	Legislação referente à vazão máxima outorgável	Limites máximos de vazões consideradas insignificantes	Legislação referente à definição das vazões insignificantes
ANA	- 70% da Q_{95} , podendo variar em função das peculiaridades da região - 20% para cada usuário individual	Não existe, em razão das peculiaridades do País, podendo variar o critério	1,0 L/s	Resolução ANA nº 542/2004
INGÁ-BA	- 80% da Q_{90} para captações em lagos ou barramentos perenes - 95% da Q_{90} para captações em lagos ou barramentos intermitentes - 20% para cada usuário individual	Decreto Estadual nº 6.296/97	0,5 L/s	Decreto Estadual nº 6.296/97

COGERH-CE	- 90% da $Q_{90\text{reg}}$	Decreto Estadual nº 23.067/94	2,0 m³/h (0,56 L/s – para águas superficiais e subterrâneas)	Decreto Estadual nº 23.067/94
SEMARH-GO	- 70% da Q_{95}	Não possui legislação específica.	Não estão ainda definidos	-
IGAM-MG	- 30% da $Q_{7,10}$ para captações a fio d'água. - Para captações em reservatórios, podem ser liberadas vazões superiores, mantendo o mínimo residual de 70% da $Q_{7,10}$ durante todo o tempo	Portarias do IGAM nº 010/98 e 007/99.	1,0 L/s e acumulação de 5.000 m³ para a maior parte do Estado e 0,5 L/s e 3.000 m³ para as regiões de escassez (águas superficiais). 10,0 m³/dia (águas subterrâneas), exceto poços tubulares	Deliberação CERH-MG nº 09/2004
AESA-PB	- 90% da $Q_{90\text{reg}}$. Em lagos territoriais, o limite outorgável é reduzido em 1/3	Decreto Estadual nº 19.260/1997	2,0 m³/h (0,56 L/s – para águas superficiais e subterrâneas)	Decreto Estadual nº 19.260/1997
SUDERHSA-PR	- 50% da Q_{95}	Decreto Estadual nº 4646/2001	1,0 m³/h (0,3 L/s)	-
CPRH-PE	- Depende do risco que o requerente pode assumir	Não existe legislação específica	0,5 L/s ou 43 m³/dia (águas superficiais) 5,0 m³/dia (águas subterrâneas para abastecimento humano)	Decreto Estadual nº 20.423/98
SEMAR-PI	- 80% da Q_{95} (Rios) - 80% da $Q_{90\text{reg}}$ (Açudes)	Não existe legislação específica	Não estão ainda definidos	-
IGARN - RN	- 90% da $Q_{90\text{reg}}$	Decreto Estadual nº 13.283/97	1,0 m³/h (0,3 L/s)	Decreto Estadual nº 13.283/97
SEMA-RS	- Não está definido	-	Media mensal até 2,0 m³/dia (águas subterrâneas)	Decreto Estadual nº 42047/2002
DAEE-SP	- 50% da $Q_{7,10}$ por bacia. Individualmente nunca ultrapassar 20% da $Q_{7,10}$	Não existe legislação específica	5,0 m³/dia (águas subterrâneas)	Decreto Estadual nº 32.955/91
SEPLANTEC - SE	- 100% da Q_{90} - 30% da Q_{90} para cada usuário individual	Não existe legislação específica	2,5 m³/h (0,69 L/s)	Resolução nº 01/2001
NATURATINS - TO	- 75% Q_{90} por bacia. - Individualmente o máximo é 25% da Q_{90} - Para barragens de regularização, 75% Q_{90}	Decreto estadual já aprovado pelo CERH	0,25 L/s ou 21,60 m³/dia. A minuta de regulamentação aprovada deve alterar para 1,0 L/s ou 21,60 m³/dia	Portaria NATURATINS nº 118/2002
IEMA-ES	- Somatório das vazões outorgadas fica limitado a 50% da $Q_{7,10}$ para rios perenes e da Q_{90} para rios intermitentes - A jusante de cada uso ou interferência, deverá ser garantido fluxo residual mínimo de 50% da vazão de referência. - Nenhum usuário receberá outorga superior a 25% da vazão de referência para um mesmo uso	Instrução Normativa nº 019 - IEMA, de 04 de outubro de 2005	As derivações e captações em corpos de águas superficiais, por usuário em um mesmo corpo de água, cujas vazões captadas sejam iguais ou inferiores a 1,5 L/s, limitadas a um volume máximo diário de 43.200 L	Resolução nº 017/2007

Fonte: Adaptado de ANA, 2005.

3.5 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

O termo regionalização tem sido utilizado em hidrologia para denominar a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante.

A qualidade dos dados hidrológicos é essencial para o processo de regionalização, pois nenhum estudo gera novas informações, apenas explora as já existentes. Dessa forma, se os dados não possuem qualidade ou não foram identificados e sanados os seus erros, a regionalização será tendenciosa, com resultados inadequados (TUC-CI, 2002).

Um dos métodos mais difundidos para a regionalização de vazões é Tradicional. Descrito por Eletrobras (1985a), baseia-se na identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e no ajuste de equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

Um dos pontos cruciais num estudo de regionalização é a delimitação das regiões hidrologicamente ou estatisticamente homogêneas, ou seja, regiões com várias estações que tenham séries oriundas de populações regidas pela mesma distribuição de probabilidades, com os parâmetros variando entre as estações (BAENA, 2002).

De acordo com Hosking e Wallis (1997), as regiões homogêneas devem ser identificadas em duas etapas consecutivas: a primeira consistindo de uma delimitação preliminar baseada unicamente nas características locais, e a segunda de um

teste estatístico construído com base somente nas estatísticas locais, cujo objetivo é verificar os resultados preliminares.

O ajuste de equações de regressão, segundo Euclides *et al.* (1999), é estabelecido através de regressão múltipla entre a vazão de interesse e as características físicas e climáticas das sub-bacias.

Dentre os modelos de regressão comumente utilizados estão o linear, potencial, exponencial, logarítmico e recíproco. Uma série de avaliações objetivas pode ser realizada para verificar a adequação do ajustamento de determinado modelo aos dados. Entre essas avaliações, as mais adotadas são o teste da função F, o valor do coeficiente de determinação e do desvio-padrão dos erros do ajustamento, também chamado de erro-padrão da estimativa (EUCLYDES *et al.*, 1999).

Baena (2002) apresenta como características físicas comumente utilizadas no processo de regionalização hidrológica a área de drenagem (A_d); o comprimento do rio principal (L); a densidade de drenagem (D_d); a declividade média da bacia (S_m); e a declividade do rio principal (S_{rp}); e como característica climática a precipitação média (P) na área de drenagem.

A precipitação influencia diretamente o comportamento da vazão de um curso d'água, tanto das vazões extremas (máxima e mínima) quanto da própria vazão média de longo período, sendo uma das principais variáveis explicativas nos estudos de regionalização hidrológica.

A precipitação máxima diária anual, por exemplo, é bastante utilizada como variável explicativa do comportamento das vazões máximas. Já a precipitação total anual é usada na regionalização tanto da vazão mínima quanto das vazões médias de longo período.

Rodriguez (2008), ao proceder à regionalização de vazões da bacia do Rio São Francisco, propôs a utilização de uma variável que associasse a característica física área de drenagem com a climática precipitação em uma única variável, que é representada pela equação abaixo,

$$P_{eq} = \frac{A P}{k} \quad (1)$$

em que

P_{eq}	=	vazão equivalente ao volume precipitado, $m^3 s^{-1}$;
A	=	precipitação média anual na área de drenagem considerada, mm;
P	=	área de drenagem, km^2 ; e
k	=	fator de conversão, o qual é igual a 31.536.

Além da P_{eq} , Rodriguez (2008) utilizou as vazões equivalentes ao volume precipitado considerando-se uma diminuição da inércia hídrica igual a 700 (P_{eq700}) e 750 mm (P_{eq750}). Conforme Novaes (2005), cada bacia deve apresentar um valor de inércia hídrica, sendo este tanto maior quanto maiores forem a evapotranspiração da bacia, as capacidades de retenção de água no solo e da interceptação da cobertura vegetal. Para a bacia do Paracatu, afluente do Rio São Francisco, verificou-se que para precipitações médias anuais inferiores a 750 mm, a vazão deve se tornar nula no início do período de recessão. Dessa forma, a utilização da variável que representa a inércia hídrica pode contribuir para o aperfeiçoamento dos modelos de regionalização de vazões.

A P_{eq750} é assim calculada

$$P_{eq750} = \frac{A (P - 750)}{k} \quad (2)$$

Para os casos em que a precipitação média anual na área de drenagem considerada é menor que 750 mm, considera-se uma P_{eq750} correspondente a um valor nulo.

3.6 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

As características físicas de uma bacia hidrográfica eram, até meados da década de 1980, obtidas através de um processo demorado e trabalhoso, em que o especialista examinava as curvas de nível e a rede de drenagem em bases cartográficas e, manualmente, interpretava e delimitava os seus limites.

O desenvolvimento de modelos digitais de elevação (MDE) e de técnicas mais precisas de extração de drenagem numérica e delimitação de bacias hidrográficas propiciou o uso dos sistemas de informações geográficas para obtenção automática das características físicas das bacias de drenagem (FURTADO, 1998; BAENA, 2002; CHAVES, 2002). As vantagens da automação em relação aos procedimentos manuais são a maior eficiência e confiabilidade dos processos, a reprodutibilidade dos resultados e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento dos dados digitais.

Um MDE pode ser considerado como qualquer representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço. Em seu processo de geração são realizadas cinco fases: a amostragem dos dados digitais altimétricos e da rede de drenagem; o pré-processamento dos dados; a geração do MDE com o uso de um interpolador; o pós-processamento do MDE gerado; e a validação do MDE gerado (CHAVES, 2002; BAENA, 2002; PIRES *et al.*, 2005).

A análise da precisão do MDE, segundo Cuartero *et al.*, citados por Pires *et al.* (2005), pode ser realizada por simples reconhecimento visual, por validações cruzadas baseadas em relações de vizinhança, por superposição de curvas de nível ou por comparação estatística com pontos de controle.

A eficiência da extração das informações hidrológicas, medida em termos de precisão e de exatidão, está diretamente relacionada com a qualidade do modelo digital de elevação e do algoritmo de interpolação utilizado. O MDE deve representar o relevo de forma fidedigna e assegurar a convergência do escoamento superficial para a rede de drenagem mapeada, garantindo, assim, a sua consistência hidrológica (BAENA, 2002).



4 Metodologia

O *Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande* (Atlas) foi desenvolvido em duas etapas: levantamento e geração de dados; e compilação dos dados em formato de um sistema computacional funcionando como um atlas digital da bacia do Rio Grande.

4.1 LEVANTAMENTO E GERAÇÃO DE DADOS

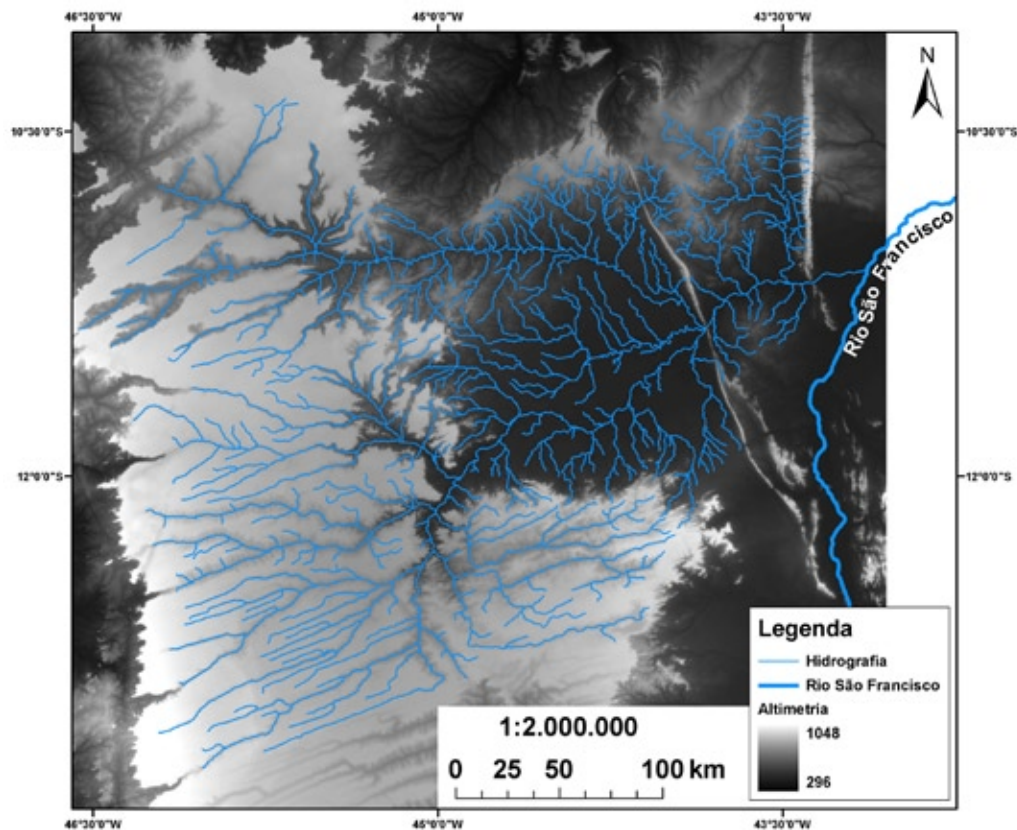


Figura 16 – Dados altimétricos e hidrografia da bacia do Rio Grande utilizados na geração do MDE.

A metodologia utilizada para a geração e validação do MDE foi realizada em cinco etapas, conforme descritas por Chaves (2002), Baena (2002) e Pires *et al.*

(2005), sendo estas: amostragem, pré-processamento dos dados de drenagem e elevação, geração do MDE, pós-processamento do MDE e validação do MDE.

Nas etapas de geração e validação do MDE foram realizadas operações manuais e automáticas, com a utilização do *software* ESRI ArcGis (ArcGis).

Amostragem

Os dados utilizados na geração do MDE consistiram da hidrografia e altimetria da bacia do Rio Grande. A hidrografia foi obtida a partir do levantamento topo-

gráfico digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala topográfica do milionésimo. Os dados altimétricos foram obtidos do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM¹), sendo constituídos por um *grid* de células com resolução horizontal de 90 m, tendo sido desenvolvido em escala mundial pelo United States Geological Survey (USGS). Na Figura 16 apresentam-se os dados altimétricos e a hidrografia utilizados no estudo.

Pré-processamento dos dados de drenagem e elevação

A grande maioria dos *softwares* que geram modelos digitais de elevação necessita que os dados digitais de entrada estejam consistentes e com qualidade e estrutura mínimas aceitáveis. Dessa forma, os procedimentos adotados nessa etapa visaram à preparação dos arquivos digitais da hidrografia e da altimetria.

Para isso, em relação à hidrografia, foram realizadas operações manuais e automáticas em busca de segmentos descontínuos da hidrografia e segmentos sem a ordem de direção de escoamento, bem como a transformação de regiões alagadas e rios de margens duplas em unifilar (Figura 17).

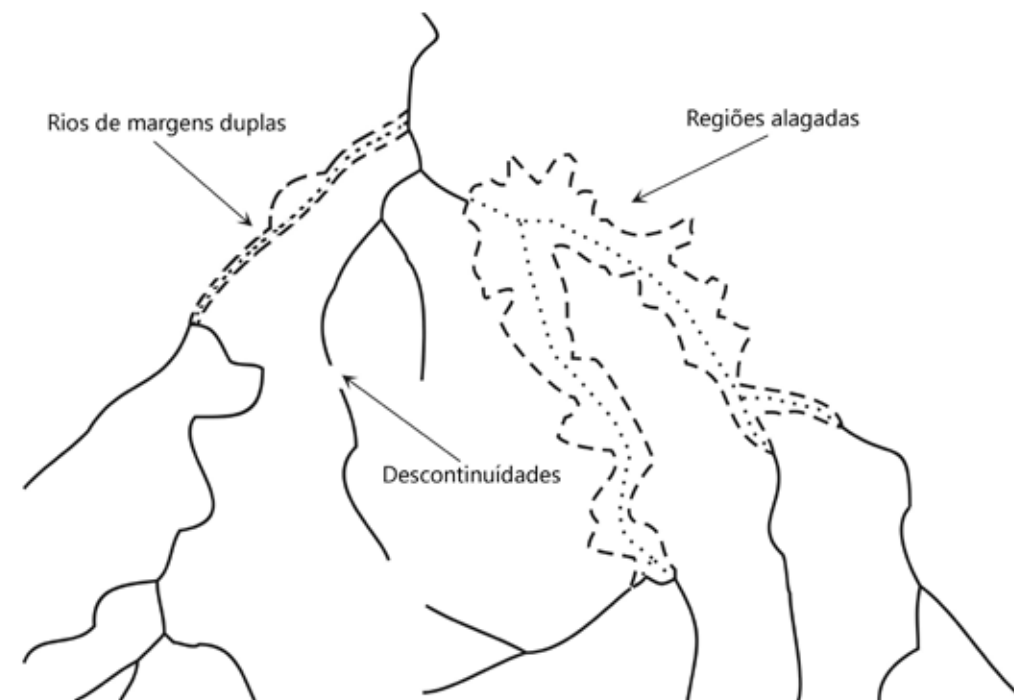


Figura 17 – Problemas na representação da hidrografia para a geração do MDEHC editados.

4.1.1 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

No processamento dos dados altimétricos, foram convertidos os dados obtidos no projeto SRTM, em forma de grid, para pontos. Este procedimento se faz necessário devido à exigência de que na geração do MDE sejam utilizados pontos cotados ou curvas de nível. Nesse projeto foram empregados pontos cotados.

Por fim, a rede hidrográfica e os pontos cotados foram visualmente analisados de forma integrada, a fim de identificar erros grosseiros da representação da drenagem ou a incoerência de valores altimétricos.

Geração do MDE

Uma vez verificada a consistência dos dados da hidrografia e da altimetria, procedeu-se à espacialização da altimetria na área em torno da bacia, utilizando-se o interpolador Topogrid, que se encontra disponível no módulo ArcInfo do *software* ArcGis.

Nesse método é utilizada uma técnica de interpolação baseada em diferenças finitas interativas e é otimizado para ter a eficiência computacional dos interpoladores locais sem perder a continuidade da superfície proporcionada pelos interpoladores globais (ESRI, 2002), gerando uma grade regular a partir de pontos, isolinhas e linhas de drenagem (CHAVES, 2002). A garantia da consistência do MDE é fornecida pela imposição de drenagem, que tenta remover todas as depressões no terreno geradas pelo modelo e que não foram previamente identificadas pelo usuário (BAENA, 2002).

Pós-processamento do MDE

Essa etapa visou eliminar as depressões espúrias remanescentes no MDE gerado na etapa anterior, garantindo a consistência do escoamento superficial para e ao longo da drenagem numérica.

A primeira fase dessa etapa consistiu na aplicação da técnica de *stream burning*, de forma a garantir a coincidência espacial da drenagem numérica com a drenagem vetorial. Para isso, a drenagem mapeada foi transformada em formato *raster*. Posteriormente, foi realizado um rebaixamento constante de 1.000 m nos valores da altimetria das células que compõem a hidrografia rasterizada e a sua incorporação ao MDE, através da substituição dos valores originais. Os comandos do módulo *Spatial Analyst* do ArcGis, utilizados nessa etapa, podem ser encontrados em Ribeiro (2003).

A segunda etapa consistiu na eliminação das depressões espúrias que não foram removidas durante a geração do MDE e daquelas introduzidas durante o processo de imposição da drenagem mapeada. Para isso, foi utilizado o comando FILL e, em seguida, restauraram-se os valores originais da altimetria ao longo da drenagem aprofundada.

Validação do MDE

Um MDE, além da representação realística da paisagem, deve descrever, com exatidão, o caminho do escoamento superficial (CHAVES, 2002). A forma adotada para verificar tal fato foi a partir da análise de cruzamento, comparando a hidrografia numérica derivada do MDE e a hidrografia mapeada. A numérica foi gerada a partir dos pontos mapeados das nascentes dos rios, para os quais se gerou o caminho percorrido até a foz da bacia. A seguir, a hidrografia mapeada foi convertida para o formato *raster*, fazendo-se uma comparação entre ela e a numérica, para identificar a sobreposição das células.

4.1.2 VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA E MÉDIA DE LONGA DURAÇÃO

Tendo em vista a espacialização das vazões mínimas e média, através do procedimento de regionalização de vazões, foram analisados os dados consistidos das estações fluviométricas (Tabela 6) da bacia pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb).

Foram elaborados diagramas de barras das estações fluviométricas, objetivando a caracterização do período de dados disponível em cada estação, de forma a permitir a identificação do período base e das estações a serem utilizadas no estudo.

Os dados de vazões inexistentes ou considerados inconsistentes a partir da análise da continuidade das vazões entre os postos fluviométricos foram atribuídos como falhas e preenchidos utilizando-se o método da regressão linear.

As vazões mínimas utilizadas no estudo foram aquelas associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) e a mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). Os valores de Q_{90} e Q_{95} foram obtidos das curvas de permanência de cada estação fluviométrica, com base em dados diários, retratando a parcela de tempo que determinada vazão é

igualada ou superada durante o período analisado.

Para a determinação da $Q_{7,10}$ foi identificado, para cada ano considerado no estudo e para cada estação fluviométrica, o valor da vazão mínima pertinente à duração de sete dias (Q_7), para então estabelecer o modelo probabilístico com melhor ajuste às séries de Q_7 . Os modelos probabilísticos analisados para representar a vazão mínima foram: Log-Normal a dois parâmetros; Log-Normal a três parâmetros; Pearson tipo III; Log-Pearson tipo III; e Weibull.

A seleção da distribuição de probabilidade que melhor se ajustou aos dados da série histórica de Q_7 foi a realizada com base no teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, em diferentes níveis de probabilidade, e no coeficiente de variação. Foi escolhida a distribuição de probabilidade que apresentou significância a 20% de probabilidade no teste de Kolmogorov-Smirnov, associada ao menor coeficiente de variação. Para obtenção da $Q_{7,10}$ utilizou-se o *software* RH 3.0, desenvolvido por Euclides *et al.* (1999).

A vazão média anual de longa duração (Q_{mld}) foi obtida para cada estação fluviométrica, pela média das vazões médias anuais. Este procedimento foi realizado utilizando-se o *software* Hidro, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas.

Tabela 6 – Estações fluviométricas da bacia do Rio Grande utilizadas no estudo.

Código	Nome	Curso d'água	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Área de drenagem (km ²)
46415000	Sítio Grande	Rio Grande	12° 25' 50"	45° 05' 08"	4.983
46455000	Derocal	Rio das Fêmeas	12° 24' 37"	45° 07' 29"	5.750
46490000	Fazenda Coqueiro	Rio São Desidério	12° 24' 04"	44° 57' 14"	4.300
46543000	Fazenda Redenção	Rio de Ondas	12° 08' 11"	45° 06' 16"	5.400
46550000	Barreiras	Rio Grande	11° 09' 16"	45° 00' 33"	18.560
46570000	Ponte Serafim - Montante	Rio de Janeiro	11° 53' 45"	45° 36' 34"	2.545
46590000	Nova Vida - Montante	Rio Branco	11° 51' 09"	45° 07' 20"	7.155
46610000	São Sebastião	Rio Grande	11° 58' 46"	44° 52' 38"	32.586
46650000	Tagua	Rio Grande	11° 43' 20"	44° 30' 11"	35.564
46675000	Fazenda Macambira	Rio Grande	11° 36' 50"	44° 09' 27"	39.256
46770000	Fazenda Bom Jardim	Rio Sapão	10° 59' 33"	45° 31' 36"	5.925
46790000	Formosa do Rio Preto (PCD)	Rio Preto	11° 02' 51"	45° 11' 26"	14.210
46830000	Ibipetuba	Rio Preto	11° 00' 22"	44° 31' 32"	18.200
46870000	Fazenda Porto Limpo	Rio Preto	11° 14' 08"	43° 56' 58"	21.946
46902000	Boqueirão	Rio Grande	11° 20' 38"	43° 49' 42"	68.540

4.1.3 PRECIPITAÇÃO MÉDIA

Com vistas à espacialização da precipitação média foram analisados os dados consistidos das 57 estações pluviométricas da bacia, assim como os dados de 27 estações localizadas no entorno da bacia (Figura 18). Os dados de precipitação foram obtidos na ANA, em seu sistema HidroWeb.

Elaboraram-se diagramas de barras das estações pluviométricas, objetivando a caracterização do período de dados disponível em cada estação, de forma a permitir a identificação do período base e das estações a serem utilizadas no estudo.

Apesar de a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) recomendar a utilização de séries históricas com 30 anos de dados, foram usadas

estações com pelo menos 10 anos de dados, em razão da exiguidade de séries históricas que satisfizessem ao critério da OMM na região em estudo.

A precipitação média foi obtida para cada estação pluviométrica, pela média das precipitações anuais. Este procedimento foi realizado utilizando-se o *software* Hidro e planilhas eletrônicas do *software* Microsoft Excel.

A espacialização da precipitação média da bacia foi realizada através do procedimento de interpolação, com base no Inverso de uma Potência da Distância (IDW), disponível no módulo *Spatial Analyst* do *software* ArcGis.

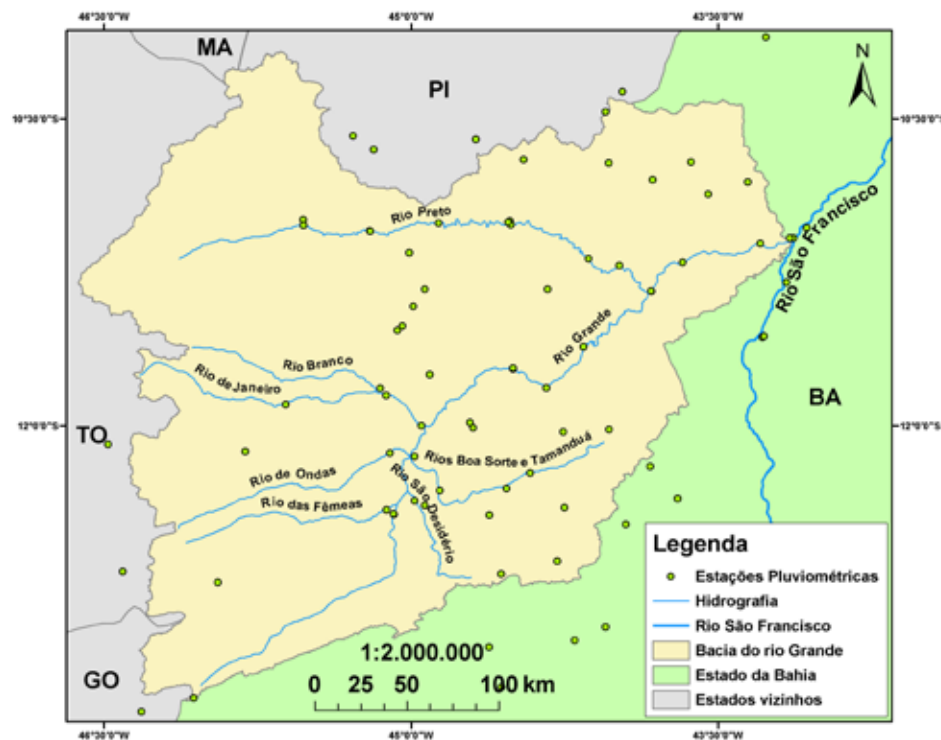


Figura 18 – Estações pluviométricas utilizadas no estudo.
Fonte: HIDROWEB, 2009.

4.1.4 REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES MÍNIMAS E MÉDIA

O *Atlas* permite estimar as vazões mínimas e média ao longo da rede hidrográfica da bacia pelo método Tradicional de regionalização de vazões. As equações de regionalização de vazões foram obtidas do trabalho de Rodriguez (2008), no qual procedeu-se à regionalização de vazões, considerando o método Tradicional e Conservação de Massas, para a bacia do Rio São Francisco.

As equações de regionalização de vazões pelo método Tradicional, descrito em Eletrobras (1985a), foram obtidas em duas etapas, que envolveram a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas e o ajuste de regressões múltiplas entre as vazões mínimas e média e as características físicas e climáticas da bacia.

Rodriguez (2008) obteve para a bacia do Rio Grande duas regiões homogêneas (Figura 19). A região 12, com 10 estações fluviométricas, compreende a área da cabeceira do Rio Grande até a confluência com o Rio Preto, e a 13, com cinco estações fluviométricas, abrange este afluente e o restante da bacia. Na Tabela 7 apresentam-se as equações de regionalização para estimativa dos valores de $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} , e Q_{mid} para as regiões homogêneas 12 e 13.

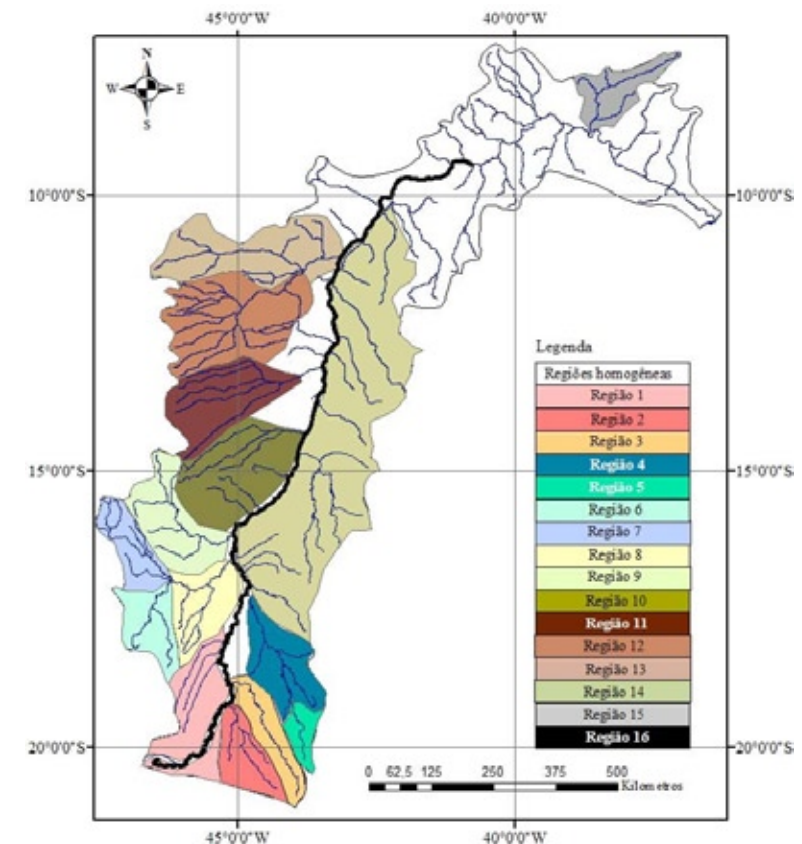


Figura 19 – Regiões homogêneas da bacia do Rio São Francisco.
Fonte: RODRIGUEZ, 2008.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO ATLAS

Tabela 7 – Equações selecionadas para cada uma das variáveis hidrológicas analisadas e os valores considerados como limite para cada região

Variável hidrológica	Região homogênea	Equação	Valores limites*
Q_{mld}	12	$Q_{mld} = 0,249026 P_{eq750}^{1,10474}$	CE = 0,238
	13	$Q_{mld} = 0,715489 P_{eq750}^{0,914852}$	CE = 0,199
Q_{95}	12	$Q_{95} = 0,088584 P_{eq750}^{1,212411}$	$q = 6,3 (L s^{-1} km^{-2})$
	13	$Q_{95} = 0,665729 P_{eq750}^{0,865652}$	$q = 5,6 (L s^{-1} km^{-2})$
Q_{90}	12	$Q_{90} = 0,103441 P_{eq750}^{1,196738}$	$q = 6,6 (L s^{-1} km^{-2})$
	13	$Q_{90} = 0,662305 P_{eq750}^{0,873933}$	$q = 5,8 (L s^{-1} km^{-2})$
$Q_{7,10}$	12	$Q_{7,10} = 0,063134 P_{eq750}^{1,257171}$	$q = 5,3 (L s^{-1} km^{-2})$
	13	$Q_{7,10} = 0,63859 P_{eq750}^{0,859366}$	$q = 5,5 (L s^{-1} km^{-2})$

* Valores limites correspondem à restrição de uso da equação.

De posse do modelo digital de elevação, das vazões mínimas e média das estações fluviométricas e da precipitação média das estações pluviométricas, do mapa da precipitação média, das equações de regionalização de vazões pelo método Tradicional e de mapas temáticos da bacia, foi construído o banco de dados do *Atlas*, o qual permite a organização, o registro e a consulta dos dados hidrológicos da bacia do Rio Grande.

O *Atlas* foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta de programação Borland Delphi 7.0, enquanto as rotinas afetas a Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) foram implementadas com o uso do componente ESRI MapObjects 2.3 (MapObjects), o qual é composto por um conjunto de funções para mapeamento. Este componente é usado com frequência por programadores no desenvolvimento de aplicativos que envolvem o uso de mapas.

Projetado para ser executado no sistema operacional Microsoft Windows 2000 ou superior, o *Atlas* possui uma interface de fácil utilização e autoexplicativa. Um sistema de ajuda com informações pertinentes aos dados utilizados no estudo e informações para auxiliar o entendimento da parte técnica foi desenvolvido.

Na sequência, apresenta-se o procedimento metodológico utilizado para o desenvolvimento do *Atlas*, conforme as sub-rotinas mostradas na Figura 20.

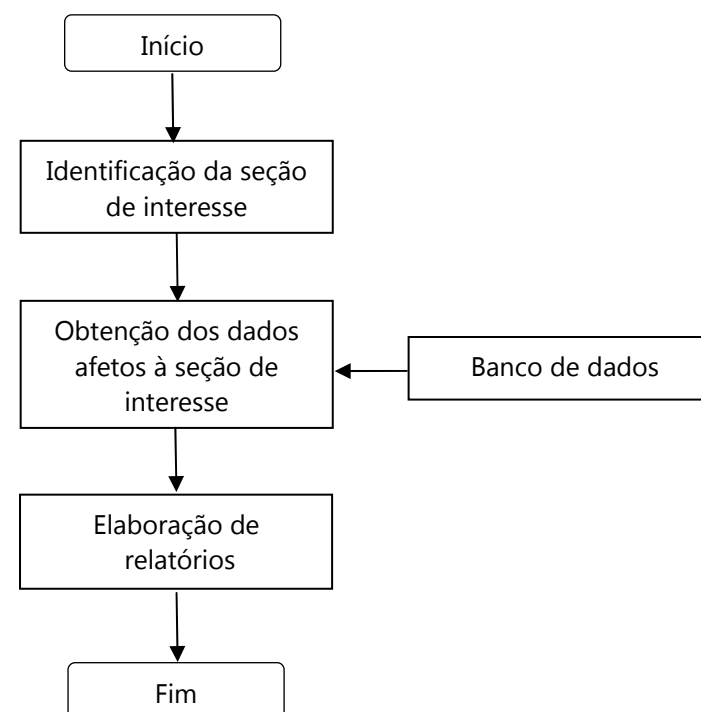


Figura 20 – Fluxograma representando as sub-rotinas executadas pelo *Atlas*.



4.2.1 IDENTIFICAÇÃO DA SEÇÃO DE INTERESSE

O modo de pesquisa de dados no *Atlas* consiste na identificação de um ponto, denominado seção de interesse, a partir do qual serão pesquisados todos os dados armazenados.

No processo de identificação da seção de interesse foram considerados dois casos. O primeiro refere-se à definição de uma seção a partir do clique do *mouse* sobre um mapa georreferenciado da bacia, e o segundo é afeito à entrada manual das coordenadas geográficas da seção de interesse.

Para permitir o clique do *mouse* sobre a seção de interesse foi implementado, com a utilização do MapObjects, um mapa georreferenciado no sistema de projeção Sirgas 2000.

A fim de possibilitar a identificação da seção de interesse de forma mais ágil, foram incorporadas ao mapa, de forma que podem ser adicionadas e, ou,

excluídas, além do limite e hidrografia da bacia, as feições dos estados, dos municípios e das estradas, e as estações fluviométricas e pluviométricas. Também visando facilitar a manipulação do mapa disponibilizado no *Atlas*, foram incluídas ferramentas de manipulação de mapas comumente utilizadas em *softwares* de sistemas de informações geográficas, que permitem o *zoom*, a movimentação do mapa na tela do computador e a obtenção dos nomes das feições de interesse.

A segunda forma de identificação da seção de interesse foi implementada de maneira que, ao serem fornecidas as coordenadas geográficas da seção de um curso d'água, a seção de interesse é identificada no mapa georreferenciado.

Identificada a seção de interesse, um ponto branco é inserido no mapa, possibilitando ao usuário a visualização de sua escolha.

4.2.2 OBTENÇÃO DOS DADOS AFETOS À SEÇÃO DE INTERESSE

Os dados do *Atlas* foram armazenados em um banco de dados e em arquivos georreferenciados nos formatos *shape* e *raster*. A importância da compatibilidade do *Atlas* com esses formatos de arquivos está na facilidade de manipulação e no fato de esses terem formatos largamente difundidos e compatíveis com diferentes aplicações.

Os dados georreferenciados como nomes dos rios, municípios, estados, rodovias, estações fluviométricas e pluviométricas, regiões hidrológicas e

modelo digital de elevação foram armazenados em arquivos nos formatos *shape* e *raster*.

As pesquisas realizadas no banco de dados foram implementadas através de comandos da *Structured Query Language* (SQL), enquanto as feitas nos arquivos *shape* e *raster* foram procedidas a partir de consultas espaciais implementadas com a utilização de ferramentas disponíveis no MapObjects, as quais basearam-se em distância e interseção de temas.

4.2.3. ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS

A fim de permitir o agrupamento das informações relativas à seção de interesse e à impressão dessas informações para documentação e posterior análise, foi desenvolvido um módulo para geração de relatórios.

5 Manual do usuário

5.1 APRESENTAÇÃO

O Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande, desenvolvido pelo 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), foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

Elaborado em uma interface amigável, o *Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (Atlas)*, além de permitir visualizar dados geográficos da bacia hidrográfica do Rio Grande, possibilita a obtenção, para qualquer seção de interesse, de informações hidrológicas, como precipitação média anual e vazões mínimas e média dos cursos d'água.

O *Atlas* pode ser obtido, gratuitamente, a partir de *download* no seguinte endereço eletrônico: <http://www.dea.ufv.br/crrh>. A Figura 21 é ilustrativa de sua tela de apresentação, constando nessa o seu nome e as instituições envolvidas em seu desenvolvimento.

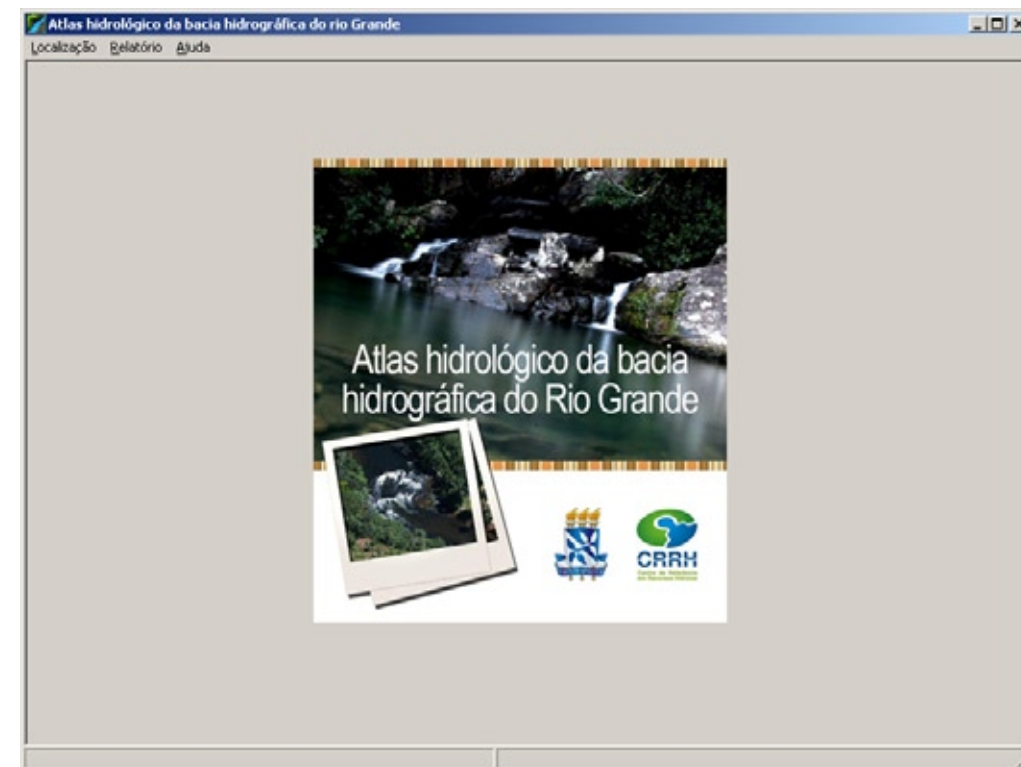


Figura 21 – Tela de apresentação do *Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande*.

5.2 TELA LOCALIZAÇÃO

Na Figura 22 é apresentada a tela principal do *Atlas*, denominada “Localização”, sendo esta utilizada para a identificação, por parte do usuário, da seção de interesse na qual se deseja obter informações hidrológicas.

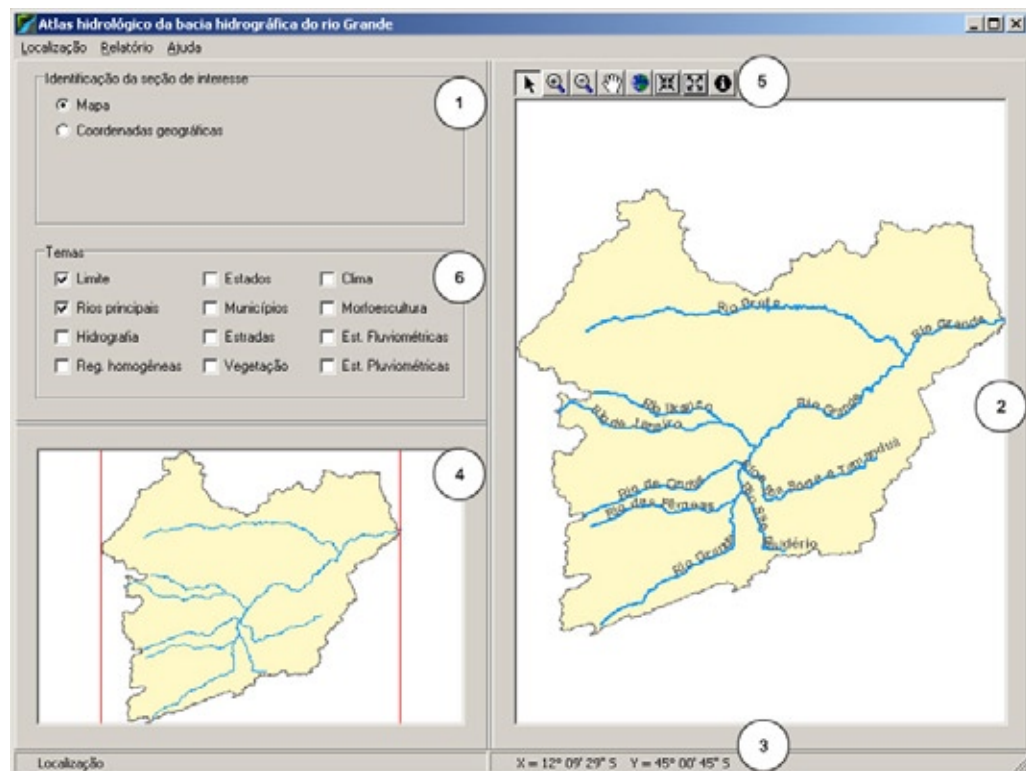


Figura 22 – Tela Localização do *Atlas*.

Nesta tela, o usuário escolhe a seção de interesse, podendo tal procedimento ser realizado de duas formas (campo 1): a primeira a partir do clique do *mouse* sobre essa seção (opção “Mapa”), e a segunda (opção “Coordenadas geográficas”) a partir da entrada dos valores de latitude e longitude da seção que se quer buscar.

Na Figura 23a apresenta-se a condição na qual o usuário fornece os valores de latitude e longitude, no sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000. No caso de as coordenadas geográficas não estarem contidas na bacia em estudo, é emitida uma mensagem alertando para tal fato.

Na Figura 23b é mostrada a condição na qual o usuário fica habilitado a identificar a seção de interesse pelo clique em um mapa (campo 2 da Figura 22). Dependendo da forma como o usuário movimenta o cursor sobre o mapa, são apresentadas na barra de *status* do *software* (campo 3 da Figura 22) a latitude e a longitude da posição corrente.

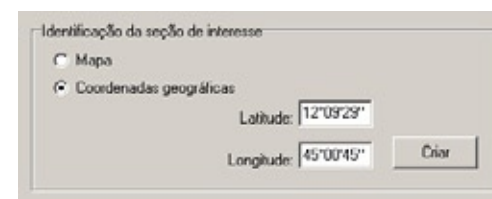


Figura 23 (a) – Identificação da seção de interesse: coordenadas geográficas

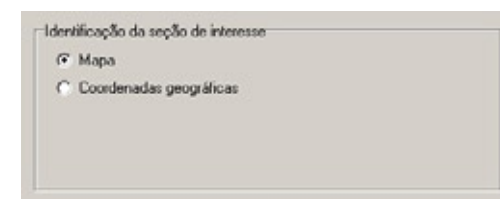


Figura 23 (b) – Identificação da seção de interesse: mapa



Considerando que o *Atlas* permite a obtenção da disponibilidade hídrica em cursos d'água, caso o usuário não escolha uma seção sobre um rio, é criado um ponto de cor amarela (Figura 24a) e emitida uma mensagem informando que a seção identificada não é coincidente com um curso

d'água. No caso de se ter escolhido uma seção sobre um curso d'água, o ponto é apresentado na cor branca (Figura 24b). O ajuste do ponto de interesse à hidrografia pode ser feito tanto pela opção "Mapa" como pela "Coordenadas geográficas".



Figura 24 (a) – Identificação da seção de interesse: ponto criado fora da hidrografia.



Figura 24 (b) – Identificação da seção de interesse: ponto criado sobre a hidrografia.

Ao identificar a seção de interesse, a partir das opções "Mapa" ou "Coordenadas geográficas", o *Atlas* apresenta uma caixa de diálogo pedindo a confirmação da escolha da seção de interesse (Figura 25). Nela são mostrados os dados básicos de identificação da seção, na qual constam: o nome do município, a posição (em coordenadas geográficas) e a área de drenagem da seção (em km²).

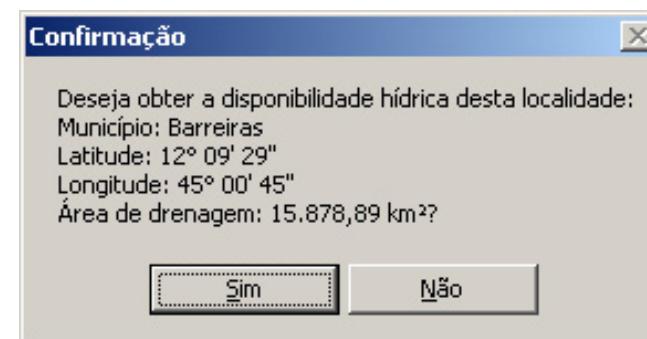










Figura 25 – Caixa de diálogo para confirmação da escolha da seção de interesse.

Visando facilitar a identificação da seção de interesse, a tela "Localização" possui dois mapas: no primeiro (campo 4 da Figura 22), são mostrados o limite e os rios principais da bacia em estudo, bem como a delimitação, por um retângulo vermelho, da área para a qual é feito o detalhamento da hidrografia apresentada no mapa do campo 2. Para a manipulação deste mapa são disponibilizadas ferramentas (campo 5) comumente encontradas em *softwares* de sistemas de informações geográficas (SIG), sendo estas:

-  Cursor: utilizada para definir a seção de interesse (opção "Mapa").
-  Zoom +: permite aumentar o detalhamento da região selecionada.
-  Zoom -: permite diminuir o detalhamento da região selecionada.
-  Pan: permite movimentar o mapa.
-  Full Extend: permite visualizar toda a extensão dos temas visíveis (campo 6 da Figura 22).
-  Fixed zoom +: permite aumentar o detalhamento do mapa em uma mesma proporção.
-  Fixed zoom -: permite diminuir o detalhamento do mapa em uma mesma proporção.
-  Identificação: permite obter informações a respeito do ponto escolhido.

Na Figura 26 apresenta-se a tela “Identificação”, que resulta da escolha de um ponto a partir da utilização da ferramenta “Identificação”. Nesta são apresentadas as informações acerca da posição (coordenadas geográficas), altitude (metros), área de drenagem (km²), precipitação média anual (mm) e dos temas que estão habilitados no campo 6 da Figura 22.

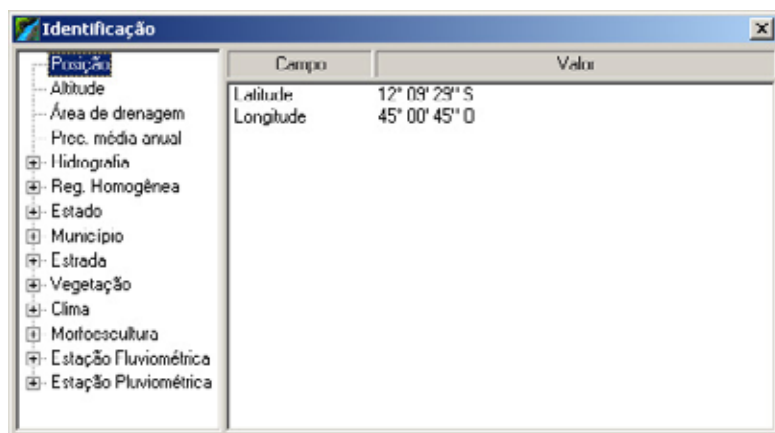


Figura 26 – Tela Identificação do Atlas.

Visando fornecer maior facilidade na localização das seções de interesse e apresentar ao usuário outras informações afeitas à bacia, o Atlas permite a adição e, ou, exclusão de novos temas (campo 6 da Figura 22), sendo disponibilizados, além do limite e os rios principais da bacia, outros temas como:

Hidrografia na escala do milionésimo da bacia (Figura 27).

Regiões hidrologicamente homogêneas obtidas para a área em estudo (Figura 28).

Estados circunvizinhos à bacia (Figura 29).

Divisão municipal da bacia (Figuras 30 e 31).

Malha viária da bacia (Figuras 32 e 33).

Vegetação da bacia (Figura 34).

Clima da bacia (Figura 35).

Morfoescultura da bacia (Figura 36).

Distribuição das estações fluviométricas da bacia (Figuras 37 e 38).

Distribuição das estações pluviométricas da bacia e circunvizinhas (Figuras 39 e 40)

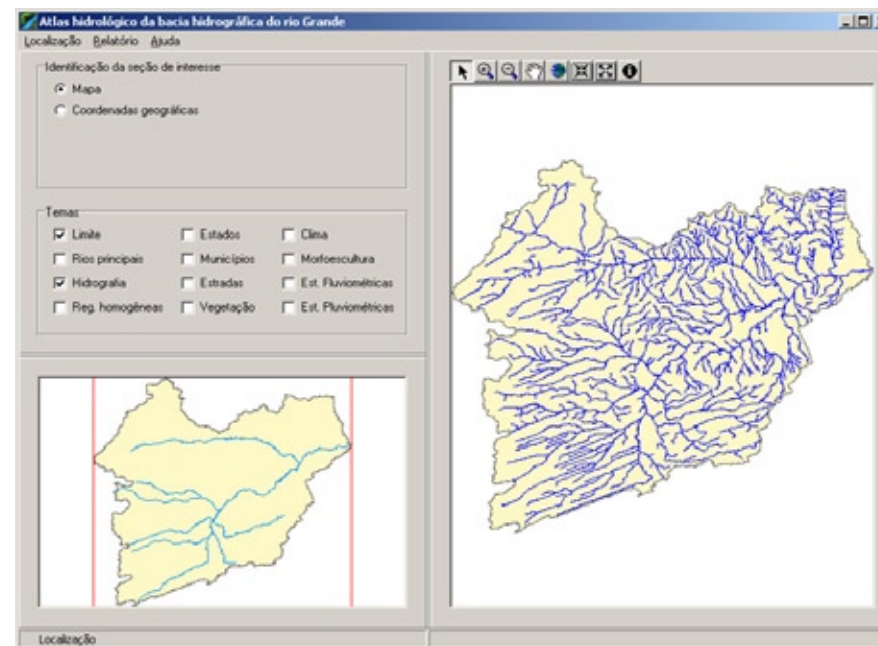


Figura 27 – Tela Localização do Atlas com o tema Hidrografia ativado.

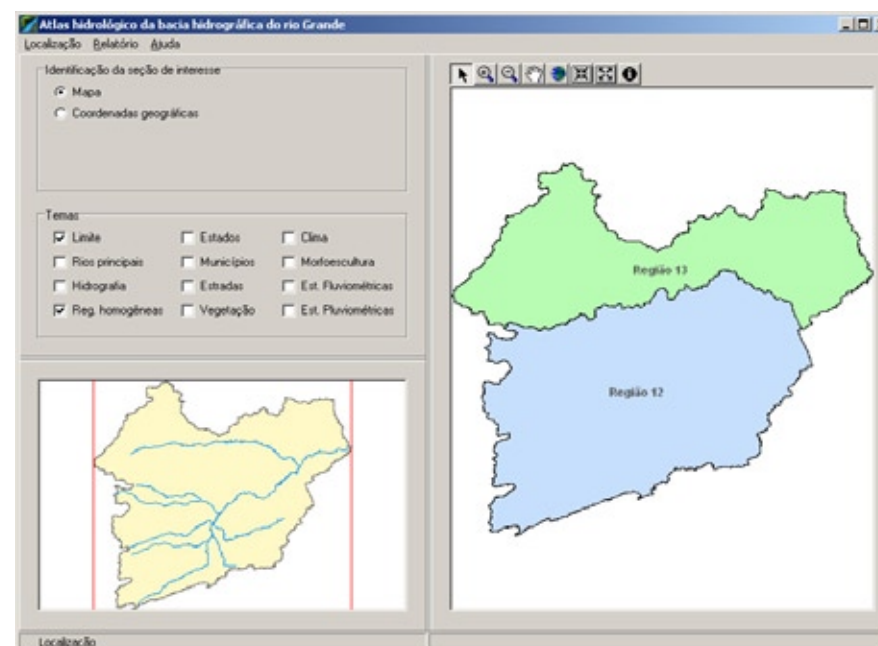


Figura 28 – Tela Localização do Atlas com o tema Regiões hidrologicamente homogêneas ativado.

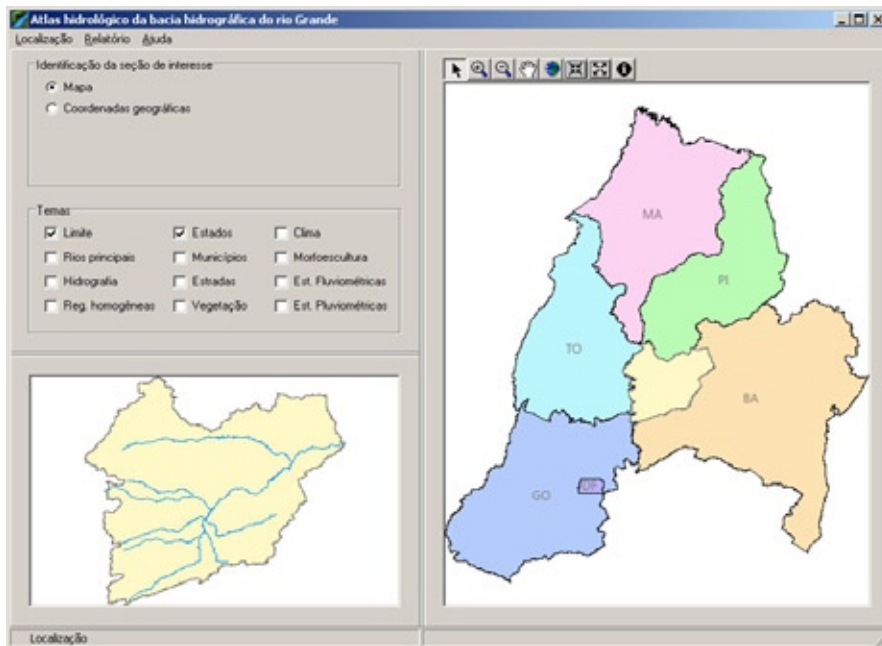


Figura 29 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estados ativado.

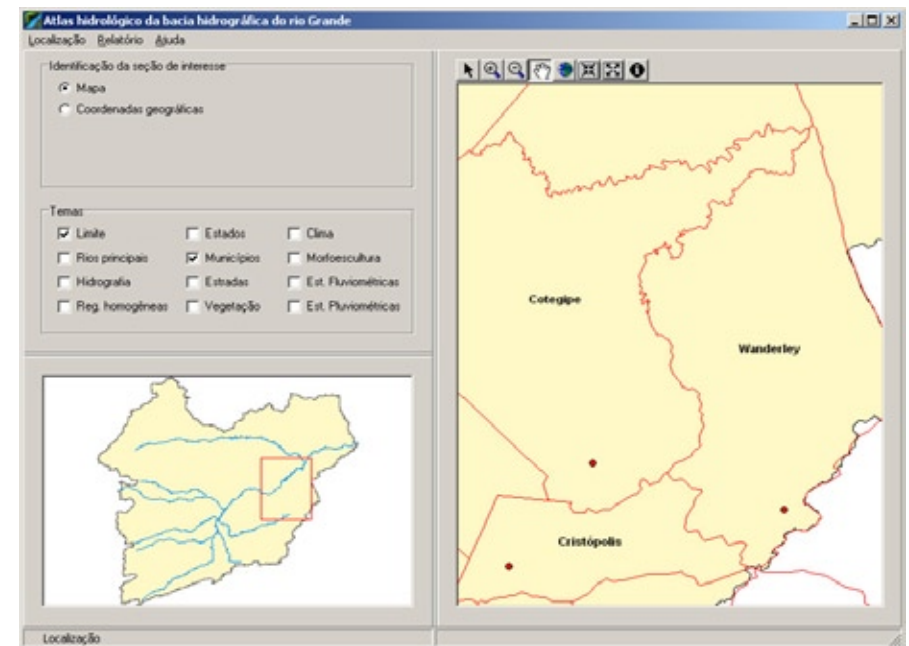


Figura 31 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Municípios ativado apresentando o zoom de uma área de interesse.

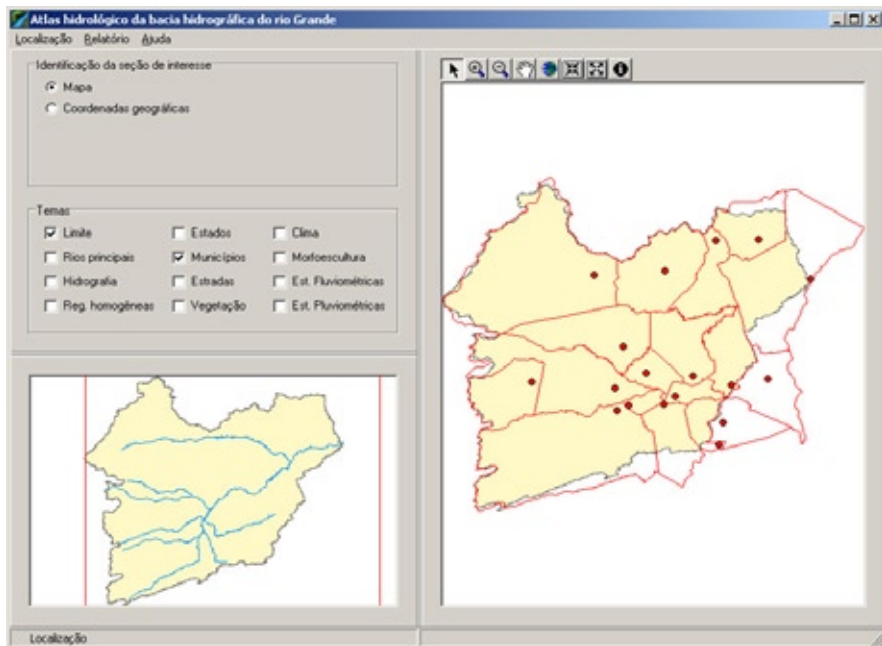


Figura 30 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Municípios ativado apresentando toda sua extensão.

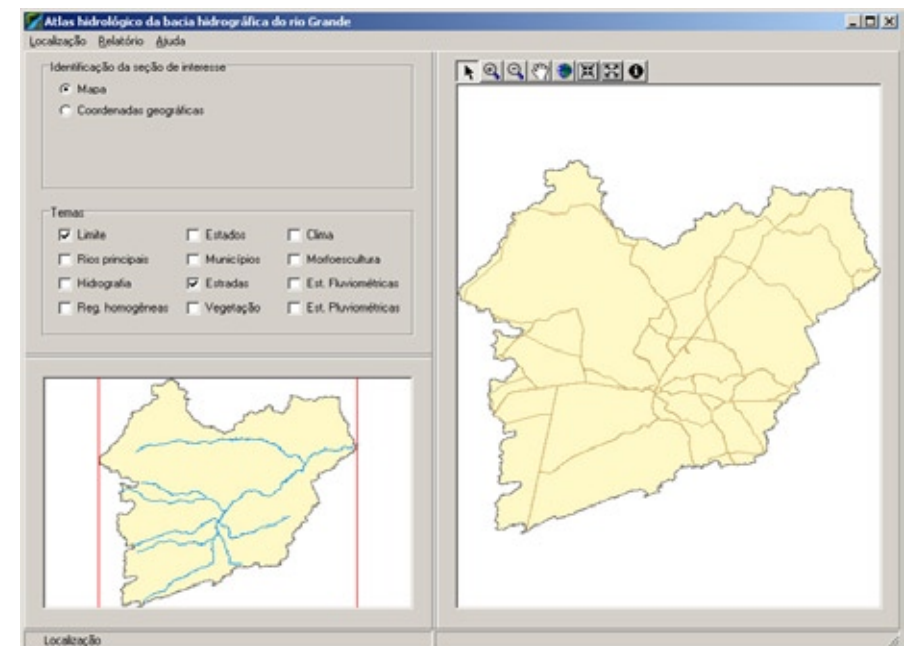


Figura 32 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estradas ativado apresentando toda sua extensão.

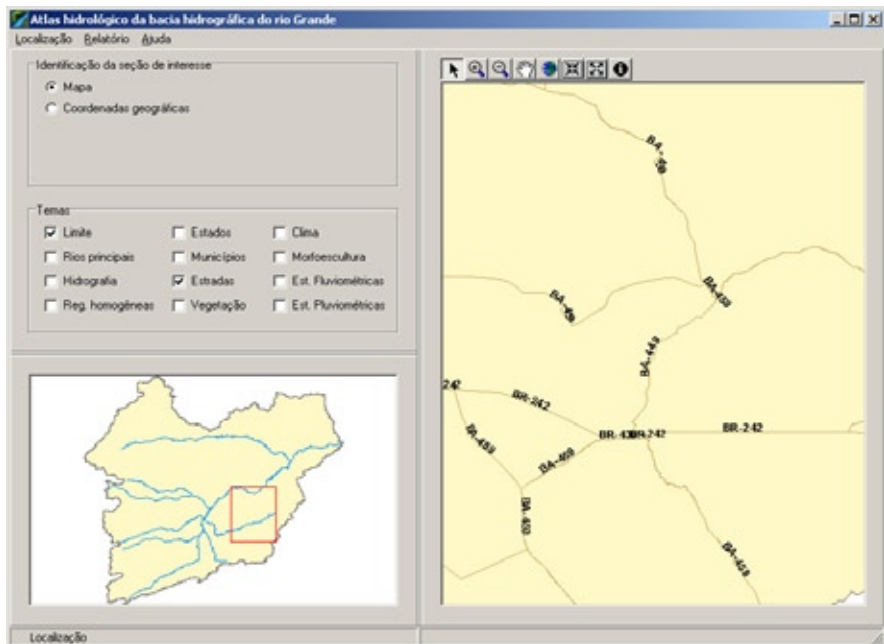


Figura 33 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estradas ativado apresentando o zoom de uma área de interesse.

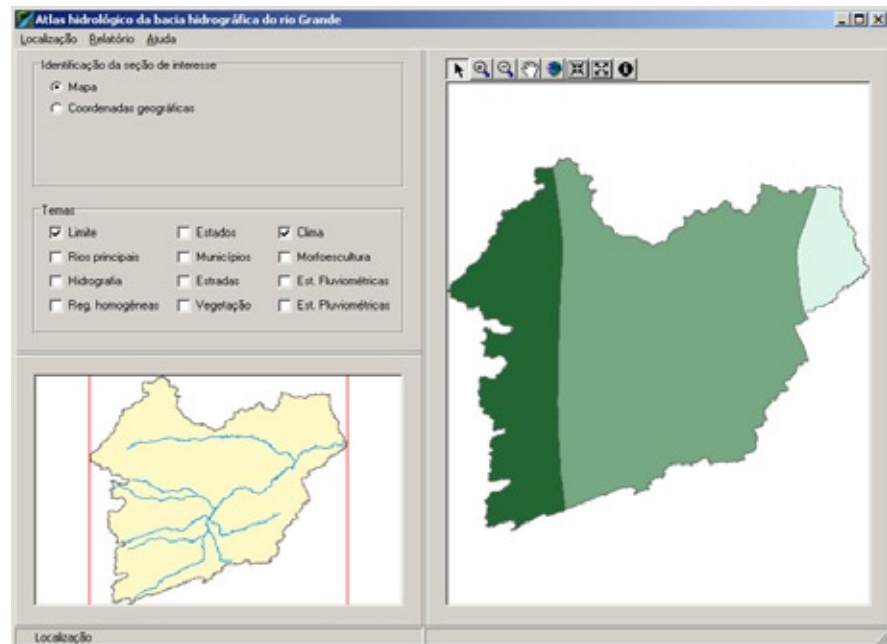


Figura 35 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Clima ativado.

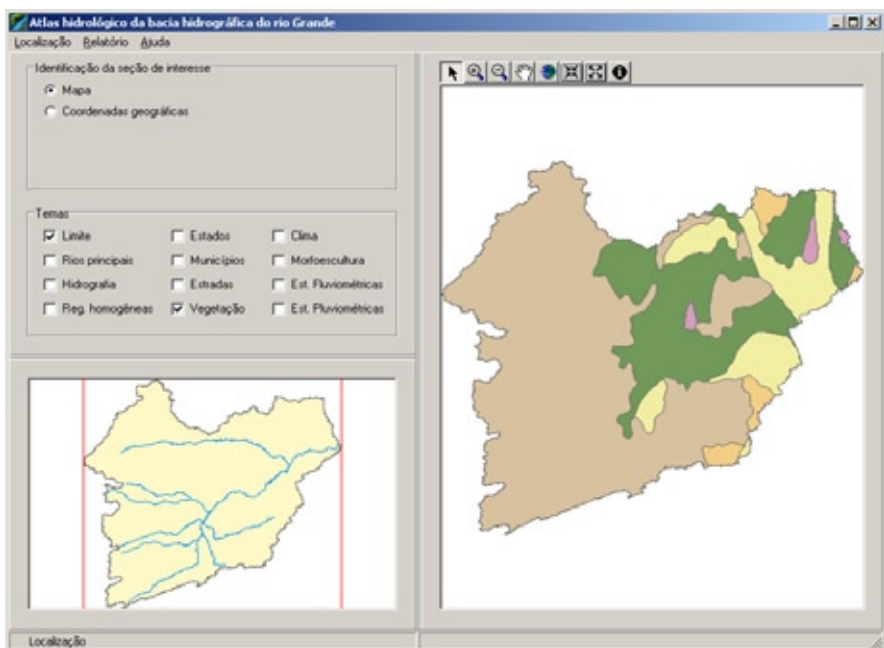


Figura 34 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Vegetação ativado.

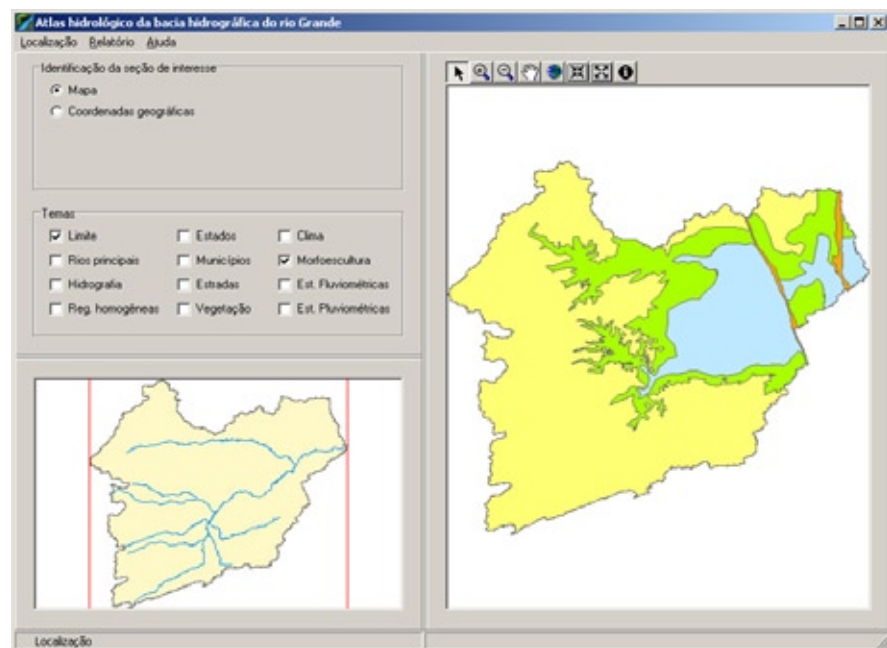


Figura 36 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Morfoescultura ativado.

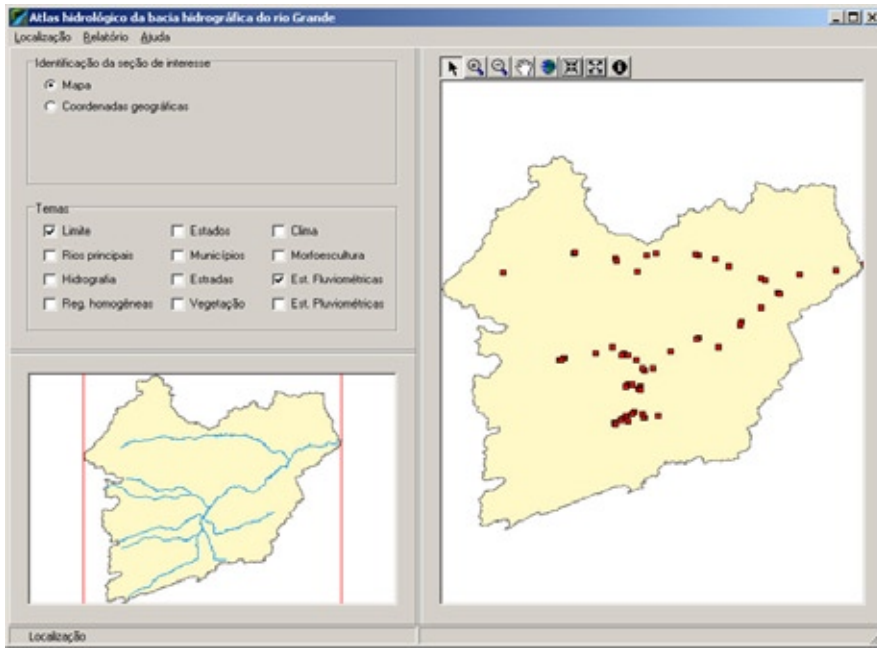


Figura 37 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estações fluviométricas ativado apresentando toda sua extensão.

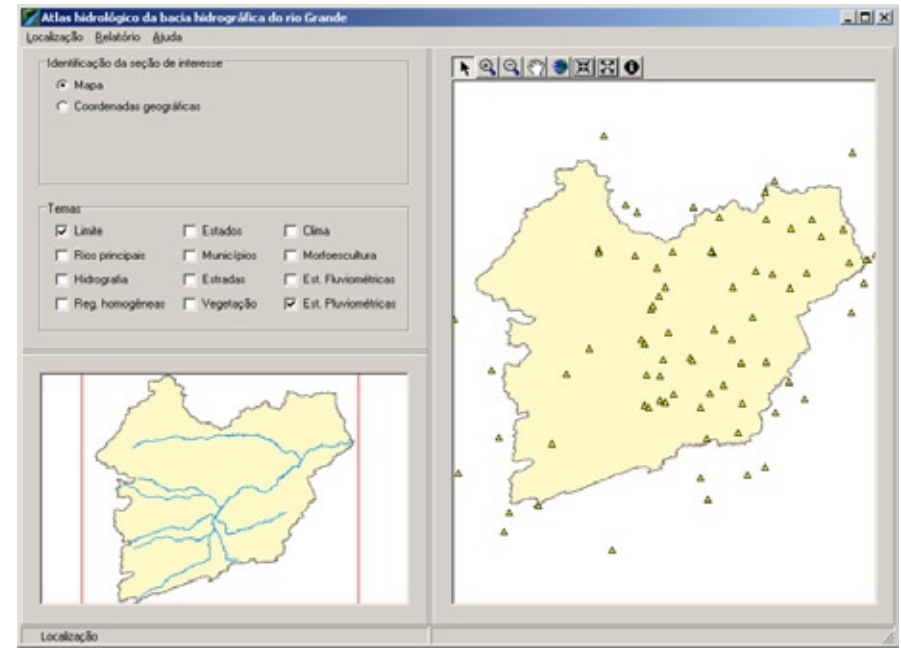


Figura 39 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estações pluviométricas ativado apresentando toda sua extensão.

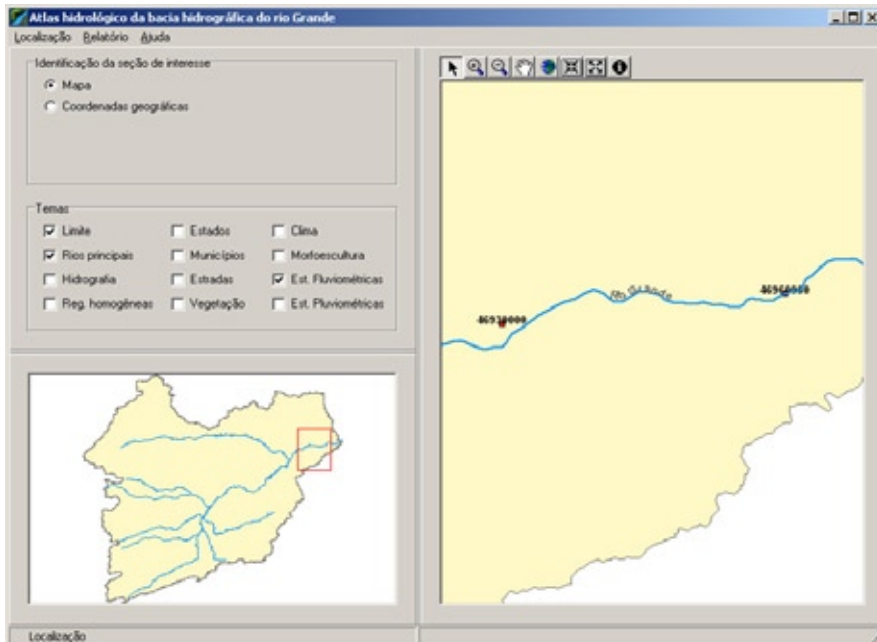


Figura 38 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estações fluviométricas ativado apresentando o zoom de uma área de interesse.

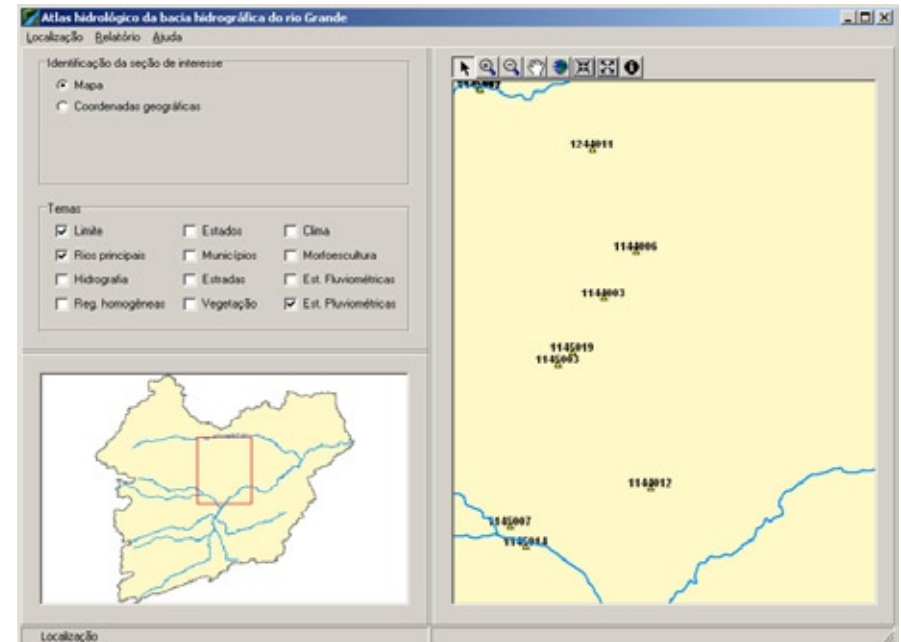


Figura 40 – Tela Localização do *Atlas* com o tema Estações pluviométricas ativado apresentando o zoom de uma área de interesse.

5.3 TELA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Uma vez identificada a seção de interesse, o *software* procede, automaticamente, à obtenção dos dados necessários para a aplicação do método de regionalização Tradicional e realiza a estimativa das vazões mínimas e média, as quais são apresentadas na tela “Disponibilidade hídrica”.

Para fins de caracterização da vazão mínima, o *Atlas* 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}), as quais constituem as principais formas de quantificação da vazão mínima utilizadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos (Tabela 5) para a concessão da outorga. Ainda referente ao estudo de vazões, o *Atlas* apresenta a vazão média de longa duração (Q_{mid}), a qual visa identificar a vazão máxima possível de ser regularizada. Na Figura 41 apresentam-se as vazões estimadas pelo *Atlas* para uma seção da hidrografia da bacia do Rio Grande.

The screenshot shows the 'Disponibilidade hídrica' window with the following data:

Localização	
Latitude: 12° 09' 29" S	Município: Barreiras
Longitude: 45° 00' 45" O	Área de drenagem: 15.878,9 km ²

Precipitação média: Anual 1.016,7 mm

Vazões:

$Q_{7,10}$ 54,4 m ³ s ⁻¹	Q_{90} 64,4 m ³ s ⁻¹	Q_{95} 60 m ³ s ⁻¹
Q_{mid} 94,5 m ³ s ⁻¹		

Buttons: Relatório, Fechar

Figura 41 – Tela Disponibilidade hídrica do *Atlas* apresentando a precipitação média anual e as vazões mínimas e média estimadas para uma seção da hidrografia da bacia do Rio Grande.

Considerando que os valores estimados pelo *Atlas* advêm de equações de regressões regionais e que estas foram obtidas a partir de informações providas de seções fluviométricas com maiores áreas de drenagem, essas equações apresentam, conseqüentemente, restrições de uso (Tabela 7) em seções com pequenas áreas de drenagem. Este fato está associado ao comportamento hidrológico diferenciado das seções fluviométricas com maiores áreas de drenagem em relação às áreas de cabeceira.

Assim, a fim de alertar o usuário com relação a essas restrições, o *Atlas* apresenta na tela “Disponibilidade hídrica” um aviso indicando tal situação. Na Figura 42 tem-se a tela “Disponibilidade hídrica” para uma seção da hidrografia da bacia do Rio Grande, a qual possui área de drenagem de 0,794 km², sendo este valor inferior ao intervalo de restrição das equações regionais obtidas para essa região hidrologicamente homogênea.

The screenshot shows the 'Disponibilidade hídrica' window with the following data:

Localização	
Latitude: 13° 16' 16" S	Município: São Desidério
Longitude: 46° 01' 37" O	Área de drenagem: 0,794 km ²

Precipitação média: Anual 1.318 mm

Vazões:

$Q_{7,10}$ - m ³ s ⁻¹	Q_{90} - m ³ s ⁻¹	Q_{95} - m ³ s ⁻¹
Q_{mid} - m ³ s ⁻¹		

* Valores de vazões obtidos para uma área de drenagem fora do intervalo de restrição.

Buttons: Relatório, Fechar

Figura 42 – Tela Disponibilidade hídrica do *Atlas*, apresentando mensagem de alerta referente às restrições de utilização dos valores estimados.

5.4 RELATÓRIO



Ao clicar no botão “Relatório” da tela “Disponibilidade hídrica”, ou no item “Relatório” do menu principal (Figura 43), o *Atlas* gera um relatório (Figura 44) com as informações básicas da seção de interesse, sua localização em coordenadas geográficas (latitude e longitude), os nomes do rio, do município, sua vegetação, clima e morfoescultura, bem como sua área de drenagem (km²) e altitude (m).

O nome do rio apresentado é obtido a partir das informações constantes na hidrografia fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), não tendo, tais informações, sido processadas a fim de verificar sua correção. Assim, os nomes de rio apresentados devem ser utilizados com critério.

Também são apresentados os valores estimados das vazões mínimas e média da seção de interesse, conforme mostrados na tela “Disponibilidade hídrica”. Da mesma forma da tela “Disponibilidade hídrica”, no relatório gerado pelo *Atlas* é exibida uma mensagem de alerta indicando se os valores de vazões estimados foram obtidos para uma área de drenagem inferior ou superior ao intervalo de restrição das equações de regressões regionais.

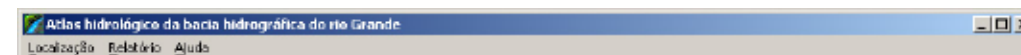




Figura 43 – Menu principal do *Atlas*.



Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande



Seção de interesse

Localização:

Latitude: 12° 11' 34"

Longitude: 45° 02' 32"

Rio: Rio Grande

Área de drenagem: 15.849,2 km² Altitude: 451

Município: Barreiras

Vegetação: Áreas de tensão ecológica

Clima: Subúmido seco

Morfoescultura: Planalto em patamar

Disponibilidade hídrica

Vazões (m³s⁻¹)

Mínimas	Média
Q _{7,10} = 28,6	Q _{méd} = 53,7
Q ₉₀ = 34,9	
Q ₉₅ = 32,2	

Precipitação (mm)

Anual = 1 007,7

Relatório elaborado pelo Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande em 29/05/2010.

Figura 44 – Relatório gerado pelo *Atlas*.

5.5 AJUDA

Acompanha o *Atlas* um sistema de ajuda que permite ao usuário obter informações relativas à utilização da *software* e aos aspectos teóricos relacionados ao planejamento e gestão de recursos hídricos. Também são disponibilizadas informações técnicas sobre a fonte dos dados utilizados e a metodologia aplicada para a geração dos demais dados.

O usuário pode, a qualquer momento, acessar o sistema de ajuda. Há duas formas de acesso.

1	–	Teclando F1 no momento da execução do <i>Atlas</i> .
2	–	Através do menu Ajuda, clicando com o botão esquerdo do <i>mouse</i> sobre a opção “Conteúdo” (Figura 45).

Na Figura 45 apresenta-se a tela pertinente ao sistema de ajuda do *Atlas*, na qual constam, além de sua descrição, as instituições envolvidas em seu desenvolvimento.

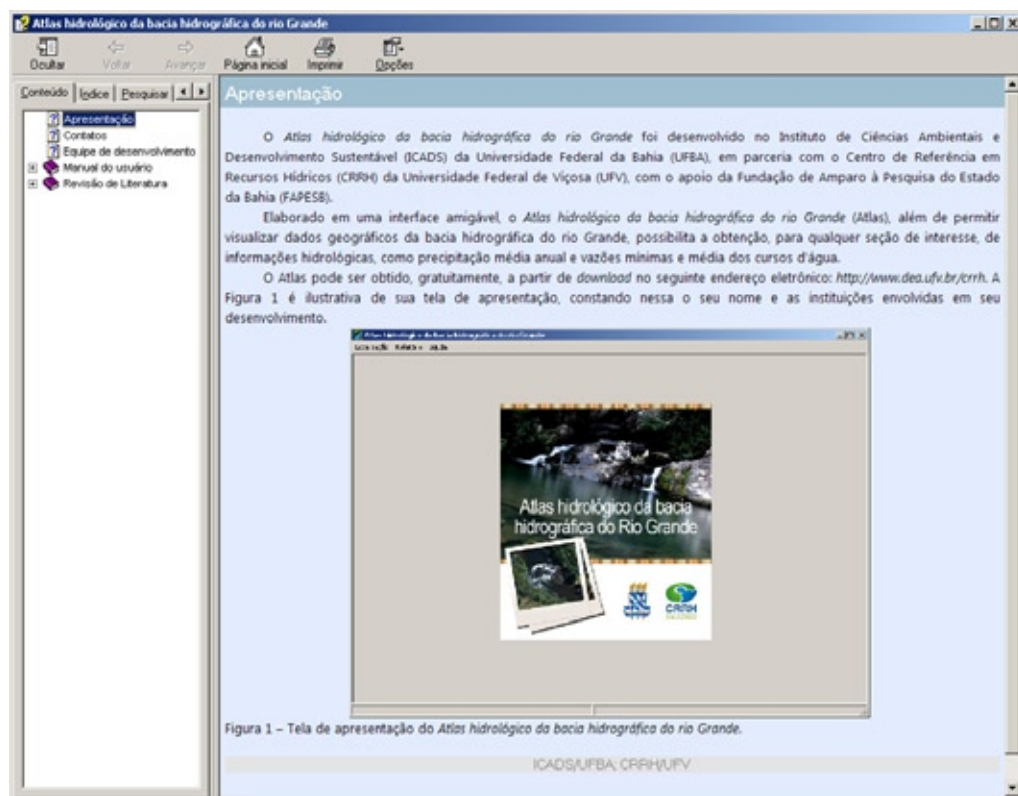


Figura 45 – Sistema de ajuda do *Atlas*.

6 Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças à dedicação de diversas pessoas e o apoio de várias instituições.

Dessa forma, os autores agradecem aos membros da equipe de desenvolvimento do projeto “Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande”, professores Flávio Aparecido Gonçalves e Joana Angélica Guimarães da Luz; e ao bolsista de iniciação científica, Michael Pereira da Silva, pela dedicação e presteza em todas as etapas do trabalho.

Diversos professores e pesquisadores gentilmente contribuíram em partes específicas do projeto, os quais gostaríamos de agradecer: professores Jorge Antonio Silva Costa, José Cláudio Viégas Campos e Ricardo Reis Alves, bem como

a Dr. Renata del Giudice Rodriguez.

Os autores gostariam de destacar o apoio técnico e a cessão de dados do Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), agradecendo às seguintes pessoas: Eduardo Gabriel Palma, Christiane Freitas Pinheiro de Jesus, Maria Cecília Duarte, Lígia Almeida Avelar e José George Santos.

Importante ainda citar a contribuição da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo apoio financeiro; do Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), e do Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por terem dado condições para a concretização deste trabalho.



7. Referências

AIBA – Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. **Anuário da Região Oeste da Bahia: Safra 2008/2009**. Barreiras: Editora Gazeta Santa Cruz. 2009. 48 p.

ALMANAQUE. **Almanaque Vale do São Francisco 2001**. Brasília, DF: CODEVASF, 2001. 411 p.

ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; CAMPOS, E. H.; CAMPOS, P. B. R.; RODRIGUES, S. C. As Relações Existentes entre as Ocorrências das Formas do Relevo e o Uso do Solo na Bacia do Rio Grande - Ba. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2009, Viçosa - MG. A Geografia Física Aplicada e as Dinâmicas de Apropriação da Natureza.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**.

Brasília: Agência Nacional de Águas; Ministério do Meio Ambiente, 2005. 123 p. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm>. Acesso em: 02 fev. 2006.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Brasília, 2004b. 318 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do rio São Francisco: Programa de ações estratégicas para o gerenciamento integrado da bacia do rio São Francisco e da sua zona costeira – PAE: GEF São Francisco. In: ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS et al. **Relatório final**. Brasília: TODA Desenho & Arte Ltda., 2004a. 336 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do rio São Francisco. Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Nota técnica. **Disponibilidade hídrica quantitativa e usos consuntivos na bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004c. 71 p.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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, de 8 de janeiro de 1997**. [S. l.]: MMA/SRH, 1997.

CASTRO JUNIOR, R. M. de; TEMOTEO, J. P. da S.; BORTOLOTTI, F. D.; CARNEIRO, E. F.; ALVES, M. H. Sistema de informações hidrológicas do rio Itapemirim em Arcview. In: **VII Conferência Latino Americana de Usuários de ESRI/ERDAS**. San José, 2000. CD-ROM – Ponências y Programa, 2000.

CATALUNHA, M. J. **Sistema integrado em rede para gestão do uso múltiplo da água e regionalização da Q_{7,10} para os períodos mensal, bimestral, trimestral e anual**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_jap_iqu.asp> Acesso em: 05 de set. de 2009.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informações geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-51, 2002.

CHAVES, M. de A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a bacia Amazônica**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CIRILO, J. A.; BALTAR, A. M.; ROLIM JÚNIOR, A. L.; TORRES FILHO, C. O.; AZEVEDO, J. R. G. Processamento integrado de dados para análise hidrológica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 15-28, 1997.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Clima**.

Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/clima>> Acesso em: 13 de fev. de 2010.

CONERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução nº 19 de 23 de agosto de 2007: Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Salvador: Diário Oficial. 2007.

COPPETEC – Fundação COPPETEC. Sistema de Informações e de Apoio à Decisão de Outorga para a Bacia do Rio Paraíba do Sul. In: Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Relatório Final**, Rio de Janeiro, RJ, Fundação COPPETEC, 2001. 79p.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Otimização e simulação comparativa de cenários de outorga. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 75-91, 2005.

ELETRORAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Manual de minicentrals hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 1985b.

ELETRORAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985a.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Floresta estacional**. 2003. Disponível em: <<http://www.bndes.cnpm.embrapa.br/textos/estacional.htm>> Acesso em: 15 de dez. de 2009.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. **ArcGis, versão 8.3**: Html help control. Redlands, Califórnia: ESRI, 2002.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F. R. **Atlas digital das águas de Minas**. Viçosa, MG: UFV, RURALMINAS, IGAM, 2007. 78 p.

EUCLYDES, H. P.; SOUSA, E. F.; FERREIRA, P. A. **RH 3.0 – Regionalização hidrológica**. Viçosa, MG: UFV, DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: RURALMINAS, 1999. 149 p. (Manual do programa).

FERRAZ, A. R. G.; BRAGA JÚNIOR, B. P. F. Modelo decisório para outorga de direito ao uso da água no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 5-19, 1998.

FISTAROL, O.; FRANK, B.; REFOSCO, J. C. Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Itajaí. In: **COBRAC 2004 Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis: UFSC, 2004. CD-Rom.

FISTAROL, O.; REFOSCO, J. C. A construção do sistema de informações da bacia do Itajaí – SIBI. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, São Paulo, Brasil, 2007. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2007. CD-ROM

FURTADO, A. M. **Metodologia para extração de informações hidrológicas a partir de um modelo digital de elevação utilizando sistemas de informações geográficas**. Belo Horizonte, MG: IGC/UFMG/CETEC, 1998. 42 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Acesso em: 10 de jul. de 2009.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis: an approach based on L-Moments**. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1997. 224 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>> Acesso em: 12 de dez. 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil 1988/1991: escala 1:5.000.000**. 1991. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>> Acesso em: 20 de out. de 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapeamento Cartográfico**. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#GEOG> Acesso em: 26 de jan. de 2010.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima. **Comitê da bacia do rio Grande está em processo de formação**. 2008. Disponível em: <<http://www.inga.ba.gov.br/comites/modules/news/article.php?storyid=3>> Acesso em: 26 de nov. de 2009.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima. **Comitês de bacias hidrográficas**. 2009a. Disponível em: <http://www.inga.ba.gov.br/comites/modules/pico/index.php?content_id=15> Acesso em: 22 de out. de 2009.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima. **Enquadramento**. 2009b. Disponível em: <http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content_id=34> Acesso em: 10 de dez. de 2009.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima. **Plano Estadual**. 2009c. Disponível em: <http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content_id=32> e <http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content_id=33> Acesso em: 10 de dez. de 2009.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima. **Relatório do Programa Monitora: RPGA do rio Grande**. 2009d. Salvador: INGÁ. 2009. 20 p.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima. **RPGAs**. 2009e. Disponível em: <http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content_id=39> Acesso em: 26 de nov. de 2009.

MARQUES, F. de A. **Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos**. Viçosa, MG: UFV. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MOREIRA, M. C. **Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. Viçosa, MG: UFV. 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NOVAES, L. F. de; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; QUEIROZ, D. O.; RODRIGUEZ, R. del G. Gestão de recursos hídricos: uma nova metodologia para a estimativa das vazões mínimas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 62-74, 2009.

NOVAES, L. F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, S. B. **Evaporação no lago de sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PIRES, J. M.; NASCIMENTO, M. C. do.; SANTANA, R. M.; RIBEIRO, C. A. A. S. Análise da exatidão de diferentes métodos de interpolação para geração de modelos digitais de elevação e obtenção de características morfométricas em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 39-47, 2005.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Tabelas de ranking do IDH-M**. 2000. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>> Acesso em: 10 de out. de 2009.

PORTO, R. L.; MELLO JÚNIOR, A. V.; ROBERTO, A. N.; PALOS, J. C. AcquaNet: arquitetura, estratégias e ferramentas. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16, João Pessoa, Brasil, 2005. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2005. CD-ROM

PREFEITURA LEM – PREFEITURA DE LUIS EDUARDO MAGALHÃES. **A cidade**. Disponível em: <<http://www.luiseduardomagalhaes.ba.gov.br/v3/cidade.php>> Acesso em: 16 de nov. 2009.

PREFEITURA SÃO DESIDÉRIO. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.saodesiderio.ba.gov.br>> Acesso em: 16 de jan. de 2010.

RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F. Subprojeto 4.3 – quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na bacia do São Francisco. In: Projeto gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA. **Relatório Final**. 2003. 190 p.

RIBEIRO, C. A. A. S. **Tópicos avançados de sistema de informações geográficas**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 22 p. (Apostila).

ROBERTO, A. N.; PORTO, R. L.; LISBOA NETO, H. Plataforma generalizada para análise de outorga para captação de água e para lançamento de efluentes. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, São Paulo, Brasil, 2007. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2007. CD-ROM

ROBERTO, A. N.; PORTO, R. L.; SCHARDONG, A.; LISBOA NETO, H. O novo sistema de suporte a decisões AcquaNet. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, São Paulo, Brasil, 2007. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2007. CD-ROM

RODRIGUEZ, R. del G. **Metodologia para estimativa das demandas e das disponibilidades hídricas na bacia do rio Paracatu**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RODRIGUEZ, R. del G. **Proposta conceitual para a regionalização de vazões**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 254 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/ANA. 2001. 328 p.

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo – **Manual do usuário**. São Paulo, SP: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) e Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, 2004. 47 p.

SILVA, D. D. da; ELESBON, A. A. A. Contexto legal relacionado à gestão de recursos hídricos no Brasil e na bacia do rio Doce. In: SILVA, D. D. da (Org.). **Aspectos conjunturais e os recursos hídricos no Brasil e na bacia do rio Doce**. 1ª ed. Viçosa, MG: CRRH/UFV, 2010, v. 1, p. 1-20.

SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M. **Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos**. Brasília, DF: MMA/SRH/ABEAS/UFV, 2001. 89 p.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, p. 111-131, 1998.

SRH – Superintendência de Recursos Hídricos. Relatório Final da Etapa I. In: **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia (PERH-BA)**. Salvador: Magna/BRL Ingeniería. 2003. 152 p.

SRSR – Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação. Documento Síntese. In: **Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacia do rio Grande**. Salvador: Higesa, 1993. 166 p.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Ed. Universidade: UFRGS, 2002. 256 p.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.; SILVA DIAS, P. L.; COLLISCHONN, W. **Previsão de médio prazo da afluência de reservatórios com base na previsão climática**. Porto Alegre, RS: Instituto de Pesquisa e Hidráulica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. (Projeto: BRA/00/29 Relatório Final).

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Water for people, water for life: UN world water development report (WWDR)**. Paris: UNESCO Publishing, 2003.

VIEGAS FILHO, J. S.; LANNA, A. E. L. O paradigma da modelagem orientada a objetos aplicada a sistemas de recursos hídricos (II) Modelo de objetos aplicado ao planejamento de uso da água Propagar MOO. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 91-103, 2003.

ZAMPROGNO, D. P.; CASTRO, C. B. de; PEREIRA, C. B.; SIQUEIRA, R. C. do N.; NEGRI, F. R.; MORO, F. da; TEIXEIRA, E. C.; MENDONÇA, A. S. F. Desenvolvimento de sistema para suporte a gestão participativa de recursos hídricos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16, João Pessoa, Brasil, 2005. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABRH, 2005. CD-ROM

ZEILHOFER, P.; NETO, P. S. A.; FONSECA, D. C. da; LOPES, R. R. F. Um componente de arquitetura orientada a objetos para subsidiar a concessão de Outorga de RH em um ambiente SIG. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE, 2007. p. 3615-3622. CD-ROM



O *Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande*, 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), foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

Elaborado em uma interface amigável, o *Atlas*, além de permitir a visualização de dados geográficos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, possibilita a obtenção, para qualquer seção de interesse, de informações hidrológicas, como precipitação média anual e vazões mínimas e média dos cursos d'água.

Este livro, juntamente com o programa computacional, que pode ser obtido gratuitamente pela internet, fornece subsídios à implementação de políticas e estudos técnicos, visando à sustentabilidade e ao desenvolvimento regional no que se refere aos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Dessa forma, a obra é direcionada aos profissionais da área de gestão e planejamento de recursos hídricos, e a pesquisadores e estudantes, notadamente das áreas das ciências agrárias e biológicas.

Edição:



Realização:



UFBA/ICADS



Apoio:

