



**PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA
BACIA DO SÃO FRANCISCO
ANA/GEF/PNUMA/OEA**

**Subprojeto 4.7.A – Proposta de Complementação da Rede
Hidrometeorológica da Bacia do Rio São Francisco
e de sua Zona Costeira**



Resumo Executivo do Relatório Final

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO
DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO
SÃO FRANCISCO E DE SUA ZONA COSTEIRA**



Brasília – DF

**PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA
NA BACIA DO SÃO FRANCISCO
ANA/GEF/PNUMA/OEA**

**Subprojeto 4.7.A – Proposta de Complementação da Rede Hidrometeorológica
da Bacia do Rio São Francisco e de sua Zona Costeira**

Resumo Executivo do Relatório Final

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO
DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO
SÃO FRANCISCO E DE SUA ZONA COSTEIRA**

Coordenação do Subprojeto

Valdemar dos Santos Guimarães

Augusto Franco Malo da Silva Bragança

Superintendência de Informações Hidrológicas – SIH/ANA

Agência Nacional de Águas – ANA

Consultor participante

Christian André Haddad Govastki

Contrato CPR/OEA no PO # 42841

Fevereiro de 2003

DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO E DE SUA ZONA COSTEIRA

RESUMO EXECUTIVO

INTRODUÇÃO

Este sub-projeto visou o diagnóstico da situação da Rede Hidrometeorológica dentro da Bacia do Rio São Francisco e a elaboração da Proposta de Complementação da Rede Hidrometeorológica para a Bacia e de sua Zona Costeira e foi desenvolvido no âmbito do Projeto GEF/São Francisco com apoio da Agência Nacional de Águas – ANA.

O documento está dividido em 5 capítulos assim distribuídos:

- caracterização da Bacia Hidrográfica e suas Sub-Bacias;
- situação atual da rede hidrometeorológica na Bacia;
- diagnóstico da rede hidrometeorológica;
- considerações a respeito da rede atual; e
- definição dos parâmetros de projeto.

Além de incluir as conclusões, recomendações, anexos, relatórios de visita as estações existentes e a pontos onde é sugerida implantação de estações de monitoramento hidrometeorológico.

Para o gerenciamento adequado, desenvolvimento de projetos e pesquisas no campo dos recursos hídricos é importante o conhecimento dos regimes dos rios e da pluviometria bem como de suas sazonalidades permitindo assim o levantamento e interpretação de informações hidrológicas. As informações são coletadas no tempo e no espaço de acordo com determinados critérios, e ao conjunto de estações, onde são gerados estes dados que, depois de consistidos e consolidados proporcionam a montagem de séries históricas fundamentais a elaboração de produtos das mais diferentes utilizações onde o recurso hídrico está presente, dá-se o nome de Rede Hidrometeorológica.

A cobertura espacial da rede deve ser ampla e homogênea para que as informações produzidas sejam representantes fieis da Bacia. A homogeneidade aliada ao aumento da qualidade das informações coletadas será alcançada com a correção das distorções hoje existentes.

A atual rede de coleta de informações hidrometeorológica da BSF é operada por diversas entidades, com objetivos nem sempre idênticos onde pode-se destacar o INMET com uma rede com objetivo de previsão meteorológica. A ANEEL, operava uma rede que era voltada para o planejamento e operação do sistema energético.

A gestão dos Recursos Hídricos é tarefa árdua devido aos conflitos, potenciais e os existentes, como aproveitamento e restrições de uso do recurso, demandas para usos consuntivos, conflitos de geração de energia elétrica e a qualidade inadequada das águas, onde grande parte destes são decorrentes das retiradas excessivas para fins de irrigação e pela utilização de técnicas de manejo pouco adequadas, bem como a falta de informações que subsidiem os estudos hidrológicos.

Este Sub-projeto têm como objetivos:

- levantamento da situação da rede existente;
- definição dos parâmetros adotados na elaboração do diagnóstico e no projeto de complementação da rede;
- propor a ANA, a implantação da rede básica na BSF para obtenção dos dados necessários à gestão integrada dos múltiplos usos dos recursos hídricos nesta Bacia.

As diretrizes adotadas na elaboração do planejamento da rede complementar:

- o planejamento da rede foi feito conforme as recomendações da OMM, da ANA/SIH e do DNAEE/ANEEL;
- o planejamento considerou a distribuição espacial mais adequada, evitando a dualidade de monitoramento na rede proposta;
- a implantação da rede básica será feita em etapas sucessivas, fazendo a atualização do levantamento das entidades e estações, a disponibilidade de dados, e outras informações relevantes.

A ANA indica as recomendações da OMM, devendo ser observadas peculiaridades regionais.

1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO E DE SUAS SUB-BACIAS

1.1. Caracterização fisiográfica da Bacia

A BSF abrange partes do território dos seguintes estados: Alagoas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Sergipe e Distrito Federal e está compreendida entre as latitudes 7°00' e 21°00'S e longitudes 35°00' e 47°40'W.

O rio São Francisco tem suas nascentes em Minas Gerais, segue a orientação sul-norte até aproximadamente a cidade de Barra, dirigindo-se então para Nordeste até atingir Cabrobó, quando converge para Sudeste para desembocar no Oceano Atlântico. Possui uma vazão média

anual de 2.845 m³/s*, volume médio anual de 89,72 km³, extensão do talvegue de 2.653 km** e uma área de drenagem de 636.071 km²*** (8% do território nacional).

1.1.2. Dados básicos da BSF

- **Percentual nas Unidades da Federação:** 47,2% na Bahia (300.226 km²); 38,2% em Minas Gerais (242.980 km²); 10,6% em Pernambuco (67.424 km²); 2,3% em Alagoas (14.630 km²); 1,1% em Sergipe (6.997 km²); 0,4% em Goiás (2.544 km²); 0,2% no Distrito Federal (1.272 km²);
- **Principais Cidades:** Belo Horizonte; (MG); Contagem; (MG); Montes Claros; (MG); Betim; (MG); Petrolina; (PE); Arapiraca; (AL); Divinópolis; (MG); Juazeiro; (BA); Ibité; (MG); Barreiras; (BA); Paulo Afonso; (BA); Ouricuri; (PE); Propriá; (SE);
- **População Total:** 14.161.434 habitantes (8% da população nacional);
- **Taxa de urbanização:** 77%;
- **Número de Municípios:** 503;
Fonte: A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil, ANA, 2001 (Com adaptações)

1.1.3. Divisão por grandes regiões

Devido à sua extensão e diferentes ambientes percorridos, a Bacia está dividida, em 4 grandes regiões distintas:

- **Alto São Francisco** - das nascentes até Pirapora (111.254 km² - 17,5% da área da bacia)
- **Médio São Francisco** - de Pirapora até Remanso (338.091 km² - 53%)
- **Sub-Médio São Francisco** - de Remanso até Paulo Afonso (154.871 km² - 24,4%)
- **Baixo São Francisco** - de Paulo Afonso até sua foz (31.855 km² - 5,1%)

* Vazão média de longo período do posto de Rio São Francisco em Traipú (49660000) transposta, por correlação de área de drenagem para a foz, período de dados Agosto de 1938 a Dezembro de 2001

** Comprimento calculado a partir das Cartas Internacionais ao Milionésimo, IBGE 1998

*** Área de drenagem calculada a partir das Cartas Internacionais ao Milionésimo, IBGE, 1998, com os seguintes parâmetros:(Núcleo de Geoprocessamento da ANA/2002)
Projeção cônica de Albers – equal area
Meridiano Central: 54° W 1º paralelo: 10° 30' S 2º paralelo: 17° 30' S Latitude de origem: 0°

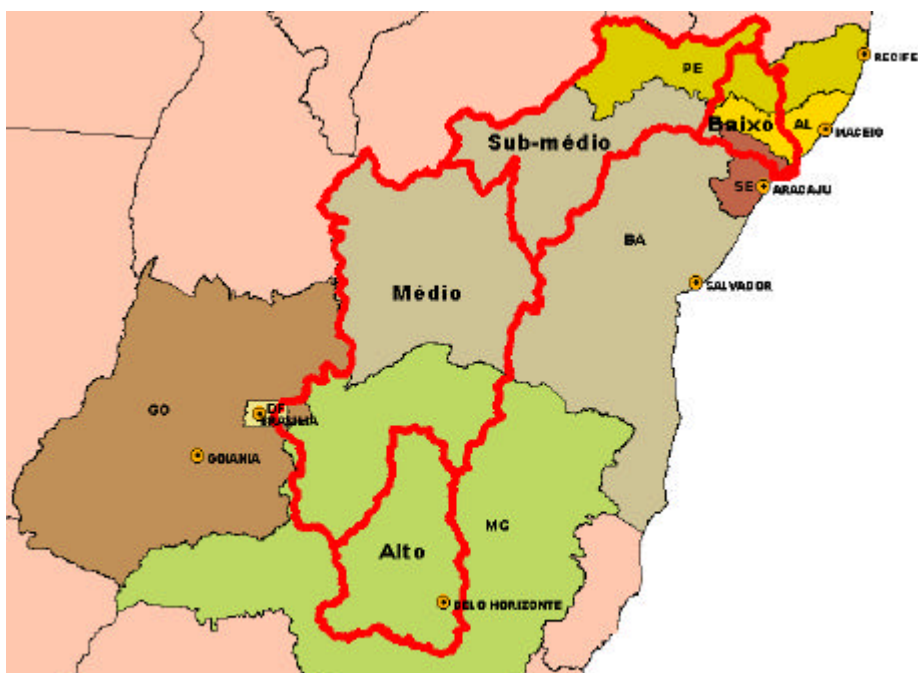


Figura 1. Sub-divisão por regiões da BSF
 Fonte: PLANVASF / 89 e HIDROGEO
 – Versão 1.1 / 2000

2. 1.1.4. Sub-bacias hidrográficas do DNAEE

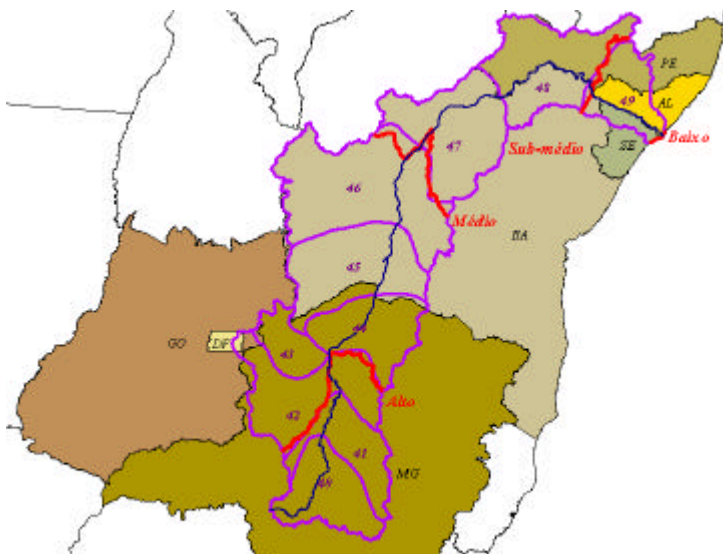


Figura 2. Sub-bacias da BSF conforme a divisão da ANA
 Fonte: HIDROGEO – Versão 1.1 – 2000

A divisão de sub-bacias utilizada neste sub-projeto é aquela elaborada na parceria do IBGE com o extinto DNAEE, que é adotada pela ANA e a ANEEL.

3. 1.2. Clima

Em relação ao clima vale ressaltar a extraordinária variedade do ponto de vista pluviométrico decorrente do posicionamento da Bacia em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica.

Devido a sua extensão, a Bacia propicia a ocorrência de três tipos predominantes de clima; tropical úmido, nos planaltos interiores; tropical semi-árido, nas planícies do médio e Sub-médio São Francisco e tropical semi-úmido, na região costeira.

4. 1.3. Vegetação

As coberturas naturais predominantes na Bacia são o cerrado e a caatinga, ocorrendo também floresta tropical e a mata seca com menor expressão. Sendo que a floresta tropical foi quase totalmente devastada pelo uso agrícola e pastagens.

5. 1.4. Solos

Os solos que ocorrem na Bacia são bastante variados denotando suas múltiplas origens geológicas, com textura entre arenoso e argiloso, relativamente pobres, com baixa e média fertilidade natural, sendo em sua grande maioria aptos para as pastagens e reflorestamentos, com restrições para uso agrícola, devido à escassez de água.

6. 1.5. Recursos hídricos

O rio São Francisco possui 36 tributários principais, dos quais apenas 19 são perenes, destacando-se entre estes, pela margem direita, os rios Paraopeba, das Velhas e Verde Grande, pela a margem esquerda, os rios Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande. As áreas de drenagem destes afluentes, exceto o rio Verde Grande, estão situadas na região da Bacia fora do Polígono das Secas e embora representem aproximadamente 50% da área total, são responsáveis por 85% dos deflúvios de estiagem e 74% dos deflúvios máximos. Esta distribuição irregular das disponibilidades hídricas superficiais é motivada pela conjugação de fatores hidrológicos, meteorológicos e geológicos, responsáveis também pelas secas periódicas que assolam extensas porções das partes médias e setentrional da Bacia.

Um balanço preliminar indica que dos volumes precipitados, em média, 84% são consumidos pela evaporação e evapotranspiração, 11% escoam pelos cursos d'água e 5% realimentam os aquíferos.

7. 1.6. Usos dos recursos hídricos

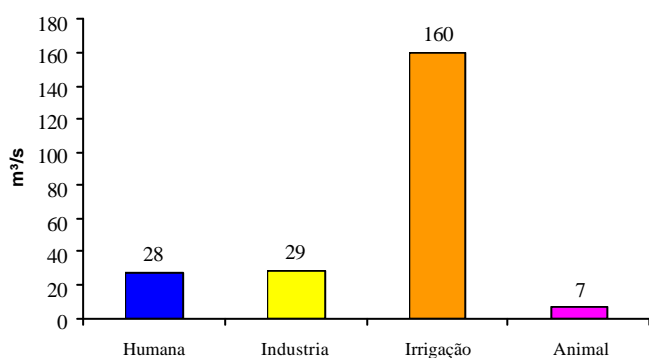


Figura 3. Demandas de recursos hídricos na BSF

Fonte: A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil, ANA, 2001

A demanda total de água na Bacia representa cerca de 8% da vazão média, estando as maiores solicitações nos trechos Médio e Sub-Médio em função da irrigação.

Em relação a geração de energia elétrica na bacia, afirma-se que o potencial hidroelétrico total da Bacia do São Francisco é de 26.320 MW e sendo que o potencial instalado é na ordem de 10.500 MW.

2. SITUAÇÃO ATUAL DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NA BSF

Nas ações do planejamento da rede complementar na BSF foram tomadas diversas ações visando o aprimoramento da qualidade do trabalho realizado, para tanto, o diagnóstico da rede contemplou os seguintes aspectos:

- levantamento das entidades operadoras de redes hidrometeorológicas;
- levantamento da situação da rede existente;
- levantamento do planejamento de implantação, modernização e operação de redes realizados por estas entidades;
- levantamento das estações extintas e as suas séries históricas, com finalidade de correlacionar estes valores e os das séries das estações em funcionamento;

8. 2.1. Quanto ao levantamento

O levantamento da situação atual da Rede é alta relevância para este sub-projeto. Sem as informações incorre-se em dois problemas, o primeiro, execução de um trabalho que concluído já encontrar-se-á desatualizado e o segundo, evitar a sobreposição de esforços na coleta da informação para o gerenciamento dos recursos hídricos na Bacia.

A situação atual da rede hidrometeorológica foi levantada frente à Gerência de Planejamento de Rede SIH/ANA, compreendendo ainda levantamentos realizados junto às outras entidades envolvidas.

O levantamento inclui:

- levantamento das entidades que atuam na BSF;
- levantamento cadastral das estações operadas por estas entidades;
- locação espacial das estações;
- análise das informações geradas por estas estações;
- elaboração de documento, constando as informações, os dados, o registro espacial e fotográfico das estações.

É importante salientar que o esforço na identificação e equacionamento de parcerias entre os agentes será de fundamental importância para a ampliação e modernização do monitoramento hidrológico no Brasil.

Há uma perspectiva de que o monitoramento hidrológico receberá um grande impulso quando da implantação efetiva das ações dos Comitês de Bacia Hidrográfica, tanto estadual como federal, pois as ações de gerenciamento, orientadas pelos mecanismos de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos demandarão um maior conhecimento sobre a disponibilidade hídrica na Bacia Hidrográfica, e tão somente um monitoramento efetivo e de boa qualidade que permitirá que estas ações sejam baseadas em informações reais e de boa qualidade.

9. 2.2. Quanto ao diagnóstico

O diagnóstico apresenta as análises sobre a situação da rede na Bacia, subsidiando a otimização dos recursos disponíveis, de forma que seja alcançada a maior cobertura da área associada ao menor custo, e atende as diretrizes do “*Termo de Referência para Realização de Diagnóstico e Planejamento da Rede Hidrometeorológica Nacional*”.

10. 2.3. Quanto ao planejamento

Foram levantadas as proposições de Rede das entidades que realizam monitoramento na Bacia, e a esta proposta foi acrescentada uma rede complementar para o fortalecimento do monitoramento hidrológico na Bacia, sendo que uma ação necessária é a expansão da interação entre a ANA e as demais entidades.

É certo que algumas entidades não tomaram ciência do novo enfoque que foi dado ao monitoramento dos recursos hídricos após a Lei nº 9433/97, estas entidades realizam o monitoramento como ação individualizada, e por vezes secreta, onde o acesso às informações é dado como impossível. A estas deve ser dado um especial tratamento para que haja a conscientização que a gestão deve ser feita de maneira compartilhada como é citada na lei.

Em algumas regiões na Bacia a situação encontrada aproxima-se do total abandono, pois foram detectadas a quase total ausência de cobertura, onde número de estações a serem instaladas supera em muito o total existente.

3. DIAGNÓSTICO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA

11. 3.1. Identificação das entidades responsáveis e estações da rede hidro meteorológica na área da BSF

A identificação das entidades responsáveis faz necessária para a verificação e consistência dos dados cadastrais, das entidades e estações, sua atualização e se possível, obter acesso aos bancos de informações. Sendo que algumas destas entidades foram extintas, outras foram absorvidas por diferentes entidades, as quais se presume, que mantém as informações coletadas, mesmo quando as redes foram desativadas.

De acordo com o inventário do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDRO 1.0.8, que é um banco de dados hidrometeorológicas, em setembro de 2002 havia 20 entidades que operam ou operavam redes na área de estudo, este número representa 18,4% das operadoras cadastradas no Brasil.

Parte destas instituições mantém contrato de parceria com a ANA, fazendo a operação de campo das estações e repassando os dados para a Agência. Ainda há aquelas, que embora não tenham contrato de parceira, ainda assim repassam a informação para o sistema, no entanto, o caso mais problemático é o das entidades que não repassam as informações.

Há outros casos a respeito do cadastramento de entidades:

- entidades cadastradas na ANA, mas seus dados, tanto cadastrais como sobre suas redes, encontram-se desatualizados;
- entidades que possuem redes hidrometeorológicas mas que nem as entidades e nem as redes estão cadastradas no Hidro;

- entidades que potencialmente podem ser responsáveis por redes hidrometeorológicas mas que ambas não estão cadastradas no sistema Hidro.

O quadro 1 destaca que a ANA, SUDENE, DNOCS e a EMATER como responsáveis por grande parte das estações pluviométricas em operação na Bacia.

O quadro 2 permite destacar a ANA, COPASA, CHESF, a CRA e as estações da Resolução ANEEL 396/98 como responsáveis por um número significativo de estações fluviométricas na Bacia.

O INMET responde apenas por estações pluviométricas, a SUDENE e o DNOCS, embora operarem redes pluviométricas extensas, as suas redes fluviométricas pouco se destacam em relação ao número de pontos de monitoramento.

A CODEVASF está em processo de reestruturação de sua rede de monitoramento e estão sendo tomadas ações para ampliação da rede nas bacias dos rios Paracatu, Urucuia, das Velhas e Verde Grande.

Entidades estas as quais sugere-se formar uma união coesa para a ampliação do conhecimento hidrometeorológico na Bacia.

Quadro 1. Distribuição das estações pluviométricas por entidade, setembro de 2002

<i>Responsável</i>	<i>Não Operando</i>	<i>Operando</i>	<i>Subtotal</i>
ANA	159	247	406
DNOS	4	0	4
CODEVASF	149	1	150
INMET	18	48	66
SUDENE	53	327	380
CEMIG	9	48	57
FASE	1	0	1
RFFSA	4	0	4
COPASA	0	0	0
DEPV	0	4	4
DNOCS	24	154	178
DAEE-MG	35	1	36
MMV	1	2	3
CAESB	0	2	2
CHESF	0	1	1
EMATER	2	51	53
OUTRAS	3	4	7
CPRH	0	0	0
CRA	0	0	0
RES. 396/98	1	6	7
<i>Totais</i>	<i>463</i>	<i>896</i>	<i>1.359</i>

Fonte: Inventário do HIDRO – Sistema de Informações Hidrológicas da ANA em Setembro de 2002

Quadro 2. Distribuição das estações fluviométricas por entidade, Setembro de 2002

<i>Responsável</i>	<i>Não Operando</i>	<i>Operando</i>	<i>Subtotal</i>
ANA	234	183	417
DNOS	7	0	7
CODEVASF	149	1	150
INMET	0	0	0
SUDENE	3	0	3
CEMIG	32	3	35
FASE	0	0	0
RFFSA	0	0	0
COPASA	0	12	12
DEPV	0	0	0
DNOCS	16	6	22
DAEE-MG	0	0	0
MMV	0	0	0
CAESB	3	0	3
CHESF	33	15	48
EMATER	0	0	0
OUTRAS	1	11	12
CPRH	0	1	1
CRA	0	36	36
RES. 396/98	13	41	54
Totais	491	309	800

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

12. 3.2. Distribuição das estações por Unidade Federativa

A distribuição quantitativa de estações por UF está no Quadro 3, segundo o HIDRO.

Quadro 3. Distribuição quantitativa dentro das UF's e condição de operação

	<i>AL</i>	<i>BA</i>	<i>DF</i>	<i>GO</i>	<i>MG</i>	<i>PB*</i>	<i>PE</i>	<i>SE</i>	<i>Total</i>
<i>Estações Pluviométricas</i>									
Não Operando	20	130	0	1	257	1	35	19	463
Operando	42	277	2	1	328	0	227	19	896
Sub-Total	62	407	2	2	585	1	262	38	1.359
<i>Estações Fluviométricas</i>									
Não Operando	16	143	4	0	278	0	39	11	491
Operando	7	100	0	0	160	0	39	3	309
Sub-Total	23	243	4	0	438	0	78	14	800
Total	85	650	6	2	1.023	1	340	52	2.159

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Destas informações pode-se observar o seguinte:

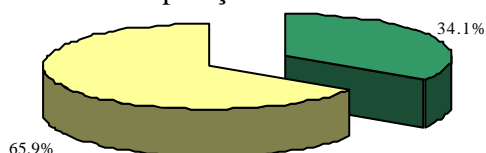
* Embora conste no Banco de Dados HIDRO que há estações no estado da Paraíba, é notório que esta UF não faz parte da Bacia.

- o número total de estações hidrometeorológica é bastante significativo, embora a distribuição espacial não seja totalmente adequada;
- a maior parcela das estações encontra-se nos estados de Minas Gerais e Bahia, essencialmente devido a grande parte da Bacia encontra-se nestes, em contraposição, a quase total ausência de informação hidrológica no Distrito Federal e Goiás. Embora a parcela da Bacia nestas UF seja pequena, trata-se de uma região problemática na gestão dos recursos hídricos, pois trata-se de região com intenso uso do solo, tanto pela agricultura, com grandes projetos de irrigação, como do aumento da urbanização;
- segundo as recomendações da OMM, pelo critério de densidade de estações por área de Bacia, tem-se estação fluviométrica a cada 2.059 km², e a cada 710 km² no caso de pluviométrica, assim, embora próximo ao limite, as recomendações são atendidas;
- a locação de estações hidrometeorológicas leva em consideração diversos aspectos além da área de drenagem como, relevo, clima, geologia, geomorfologia e pontos específicos de monitoramento, entre outros;

13. 3.3. Identificação das estações pluviométricas

Os tipos de informações que podem ser coletadas numa estação pluviométrica são diversos. A classificação dos equipamentos é a seguinte:

- **P** – Pluviômetro
- **r** – Registrador (Pluviógrafo)
- **E** – Tanque Evaporimétrico Classe A, de acordo com Weather Bureau
- **C** – Climatológica
- **T** – Operação Telemétrica



Na BSF foram identificadas 1.359 estações pluviométricas, sendo que destas, 896 (65,9%) encontram-se em operação e 463 (34,1%) fora de operação.

■ Não Operando ■ Operando

Figura 4. Distribuição de estações pluviométricas conforme a condição de operação

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quadro 4. Distribuição quantitativa dos tipos de estações pluviométricas

	<i>Não Operando</i>		<i>Operando</i>		<i>Total</i>
	<i>Valor</i>	<i>Percentual</i>	<i>Valor</i>	<i>Percentual</i>	
P	357	77,1	682	76,1	1.039
PC	15	3,2	27	3,0	42
PCT	0	0,0	1	0,1	1
PE	1	0,2	0	0,0	1
Pr	74	16,0	117	13,1	191
PrC	1	0,2	10	1,1	11
PrCT	1	0,2	19	2,1	20
PrE	8	1,7	7	0,8	15
PrEC	1	0,2	8	0,9	9
PrECT	1	0,2	5	0,6	6
PrT	2	0,4	17	1,9	19
PT	0	0,0	2	0,2	2
Sem Informação	2	0,4	1	0,1	3
Total	463	65,9%	896	34,1%	1.359

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002



Foto 1. Exemplo de uma estação pluviométrica do tipo PrEC

Fonte: Arquivo do Consultor, Setembro de 2002

14. 3.4. Identificação das estações fluviométricas

Os tipos de informações que podem ser coletadas em uma estação fluviométrica são os seguintes:

- **F** – Escala para medição do nível d'água
- **R** – Registrador (Linígrafo)
- **D** – Medição de Descarga Líquida
- **S** – Medição de Descarga Sólida
- **Q** – Parâmetros de Qualidade da água
- **T** – Transmissor Telemétrico

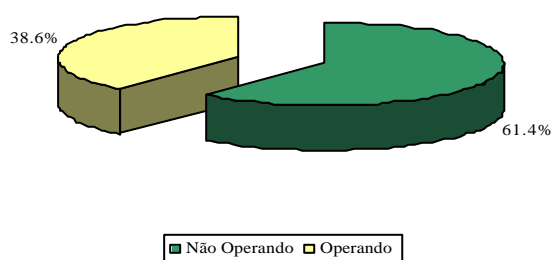
Quadro 5. Distribuição quantitativa dos tipos de estações fluviométricas

	<i>Não Operando</i>		<i>Operando</i>		<i>Total</i>
	<i>Valor</i>	<i>Percentual</i>	<i>Valor</i>	<i>Percentual</i>	
D*	7	1,4	0	0,0	7
F	81	16,5	31	10,0	112
FD	234	47,7	108	35,0	342
FDQ	28	5,7	6	1,9	34
FDS	16	3,3	4	1,3	20
FDSQ	1	0,2	5	1,6	6
FDSQT	0	0,0	1	0,3	1
FDT	0	0,0	1	0,3	1
FQ	2	0,4	0	0,0	2
FR	2	0,4	1	0,3	3
FRD	62	12,6	57	18,4	119
FRDQ	3	0,6	2	0,6	5
FRDS	21	4,3	0	0,0	21
FRDSQ	1	0,2	21	6,8	22
FRDSQT	0	0,0	7	2,3	7
FRDST	0	0,0	3	1,0	3
FRDT	0	0,0	15	4,9	15
FRT	0	0,0	10	3,2	10
Q	1	0,2	37	12,0	38
SI	32	6,5	0	0,0	32
Total	491	61,4%	309	38,6%	800

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Nota: SI – Sem informação

É necessário que seja feita uma revisão completa de todas as informações cadastrais das estações fluviométrica, pois foram detectas falhas de todos os tipos nas informações.



Na área de estudo foram identificadas 800 estações fluviométricas, sendo que 309 (38,6%) encontram-se em operação e 491 (61,4%) fora de operação.

Figura 5. Distribuição de estações fluviométricas conforme a condição de operação

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

* A realização apenas da medição de descarga líquida dá-se em função da impossibilidade de fazer a dissociação, no inventário do sistema HIDRO, entre entidades distintas que operam o mesmo ponto de monitoramento, esta necessidade surgiu em função da falta de capacidade técnica de algumas operadoras.

Devem ser feitas medições de descarga líquida em todas estações, excetuando-se as implantadas sequencialmente para o acompanhamento de linha d'água em aproveitamentos hidráulicos, onde o acréscimo de vazão entre estas não se justifica a realização da medição de descarga, e as que sofrem a influência de remanso causados por grandes rios, oceanos e marés.



Foto 2. Exemplo de uma estação fluviométrica do tipo FRDSQT
Fonte: Arquivo do Consultor, Setembro de 2002

15. 3.5. Comunicação com as entidades para obter as informações necessárias

Foram contatadas, para obtenção das informações necessárias, as entidades listadas a seguir:

- ANA
- ANEEL/DNAEE/DNOS
- CETEC
- CEMIG
- CODEVASF
- COPASA
- CPRM/Brasília
- CPRM/Belo Horizonte
- CPRM/Salvador
- IGAM
- PROJETO ÁGUAS DE MINAS
- SEMAD/MG
- SEMARH/DF
- SRH/BA

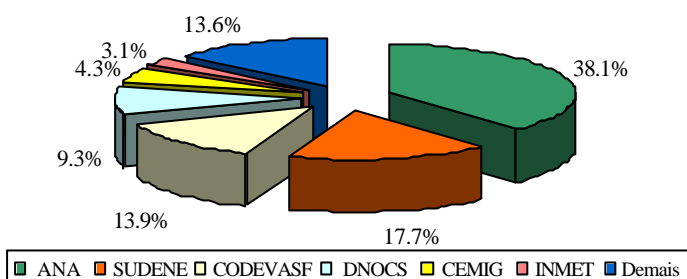
Estas entidades se mostraram bastante receptivas ao Sub-projeto e compreenderam seu alcance, cabendo agora, a Agência, o prosseguimento dos contatos mantidos e a reunião de esforços na consolidação da rede de monitoramento e a disseminação das informações.

16. 3.6. Verificação e consistência das informações cadastrais das estações

17. 3.6.1. Observações quanto às responsáveis

As maiores responsáveis por redes na Bacia são:

- ANA (38,1%);
- SUDENE (17,7%);
- CODEVASF (13,9%);
- DNOCS (9,3%);
- CEMIG (4,3%); e
- INMET (3,1%).



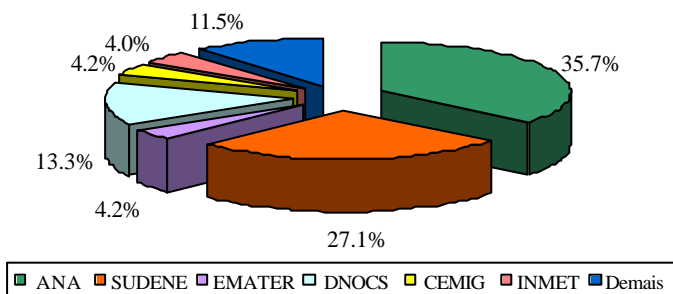
Estas entidades sozinhas representam 86,4% do total de estações da Bacia.

Figura 6. Participação das responsáveis sobre o total de estações na BSF, setembro de 2002

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

No entanto, quando se analisa a quantidade de estações operando a participação é:

- ANA (35,7%);
- SUDENE (27,1%);
- DNOCS (13,3%);
- CEMIG (4,2%);
- EMATER (4,2%); e
- INMET (4,0%).



Estas entidades representam 88,5% do total de estações operando na Bacia.

Figura 7. Participação das responsáveis sobre as estações operando na BSF

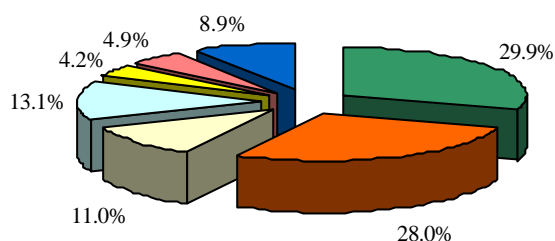
Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

18. 3.6.2. Quanto às estações pluviométricas

Foram identificadas 1.359 estações pluviométricas, sendo que 896 (65,9%) encontram-se em operação e 463 (34,1%) fora de operação, um resultado positivo dado que o número de estações fora de operação é menor que as em operação.

Em relação às estações pluviométricas na Bacia as frações são:

- ANA (29,9%);
- SUDENE (28,0%);
- DNOCS (13,1%);
- CODEVASF (11,0%);
- INMET (4,9%); e
- CEMIG (4,2%).



Estas entidades representam 91,1% do total de estações da Bacia.

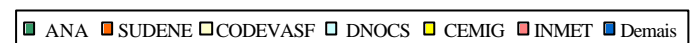
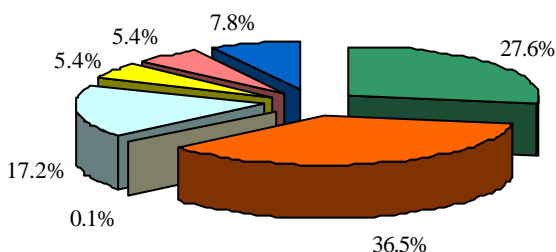


Figura 8. Distribuição de estações pluviométricas por entidade operadora
 Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002



Considerando somente as estações em operação as frações passam a ser as seguintes:

- ANA (27,6%);
- SUDENE (36,5%);
- DNOCS (17,2%);
- CODEVASF (0,1%);
- INMET (5,4%); e
- CEMIG (5,4%).

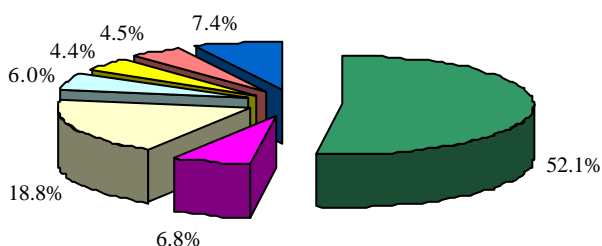


Figura 9. Distribuição estações pluviométricas em funcionamento por responsável
 Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

que totalizam 92,2% de participação.

19.3.6.3. Quanto às estações fluviométricas

Foram identificadas 800 estações fluviométricas, sendo que 309 (38,6%) encontram-se em operação e 491 (61,4%) fora de operação, assim, próximo de dois terços da rede não opera.



A distribuição por operadora é a seguinte:

- ANA (52,1%);
- CODEVASF (18,8%);
- Est. da Res. 396/98 (6,8 %);
- CHESF (6,0 %);
- CRA (4,5 %); e
- CEMIG (4,4%).



Figura 10. Distribuição percentual de estações fluviométricas por entidade operadora

Estas entidades representam 92,5% do total de estações da

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Bacia, Setembro de 2002

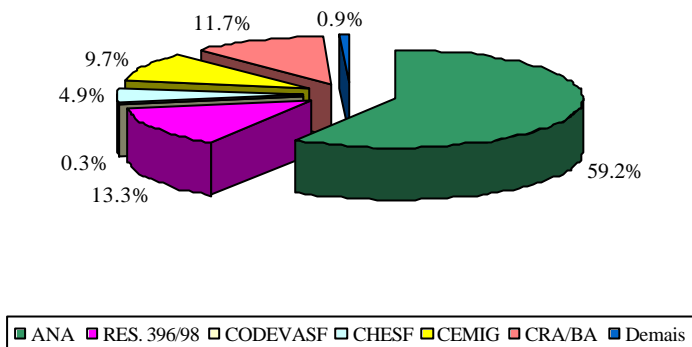


Figura 11. Distribuição de estações fluviométricas, em operação de acordo com a entidade responsável

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quando da análise de estações em operação, os percentuais são:

- ANA (59,2%);
- CODEVASF (0,3%);
- Est. da Res. 396/98 (13,3%);
- CHESF (4,9%);
- CRA (11,7%);
- CEMIG (9,7%).

As entidades listadas representam 99,1% das estações em operação na Bacia.

Dentro deste critério a CODEVASF merece destaque, pois há uma redução de 18,8% para 0,3% da parcela de suas estações fluviométricas em operação.

20. 3.7. Análise quantitativa da rede atual

Para a análise quantitativa foi feita a separação das estações por sub-bacias e se estavam ou não em operação em Setembro de 2002. Os quadros são o resumo da situação da rede nestas sub-bacias.

21. 3.7.1. Análise global da rede pluviométrica

No Quadro 6 são apresentados os totais, em operação ou não, de estações pluviométricas divididos por sub-bacias e as respectivas totalizações. Analisando-se os números nota-se que a distribuição de estações por sub-bacia não é uniforme, devido a diversas questões, tais como: a maneira como foram definidos os critérios de áreas prioritárias, o relevo das sub-bacias, a área de cobertura, o planejamento estratégico entre outros.

Quadro 6. Estações pluviométricas por sub-bacia, em setembro de 2002

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
P	131	96	69	22	86	53	116	110	197	159	1.039
PC	7	10	3	4	4	1	-	1	4	8	42
PCT	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Pr	30	20	24	8	17	25	27	9	20	8	188
PrC	1	-	1	-	4	2	-	-	3	3	14
PrCT	5	2	6	1	3	-	-	-	1	2	20
PrE	3	-	1	-	1	-	1	2	4	3	15
PrEC	6	-	-	-	-	-	3	-	-	-	9
PrECT	-	2	-	-	-	1	1	1	-	1	6
PrT	5	2	1	2	1	2	4	-	1	1	19
PT	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
SI	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	3
Totais	189	133	107	38	117	84	152	123	231	185	1.359

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

O Quadro 7 apresenta apenas às estações pluviométricas em operação, sem distinção da entidade responsável. A partir destes dados foi determinada a área de cobertura por estação.

Quadro 7. Estações pluviométricas em operação por sub-bacia, em setembro de 2002

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
P	63	35	35	15	56	35	76	79	174	114	682
PC	5	5	2	4	3	1	-	-	1	6	27
PCT	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Pr	23	14	12	3	9	14	14	7	13	8	117
PrC	1	-	1	-	3	2	-	-	3	-	10
PrCT	5	2	6	1	3	-	-	-	1	1	19
PrE	2	-	-	-	1	-	1	1	2	-	7
PrEC	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	8
PrECT	-	2	-	-	-	1	1	-	-	1	5
PrT	3	2	1	2	1	2	4	-	1	1	17
PT	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
ND	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Totais	109	60	58	26	77	55	98	87	195	131	896

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

O limite sugerido pela OMM (900 km²) que é informado na figura 12 trata-se do limite superior para densidade mínima normal de estações para regiões planas, planaltos de clima tropical e temperado, servindo como indicativo se a densidade está ou não adequada.

Quadro 8. Relação entre a área de cobertura por estação pluviométrica

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>	<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>
40	450	45	1.292
41	678	46	1.149
42	1.074	47	1.069
43	1.143	48	383
44	711	49	363
Média		831	

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

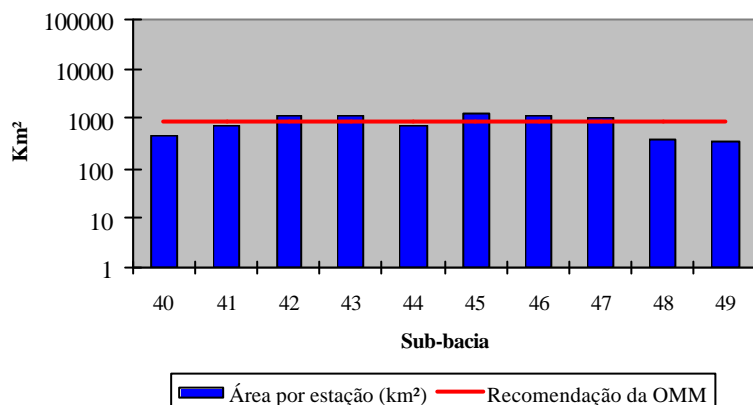


Figura 12. Comparativo entre a densidade de cobertura e o total de estações em operação por sub-bacia, de acordo com a recomendação da OMM

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Observação: Escala Vertical Logarítmica

Na Figura 12 pode-se observar que as Sub-Bacias de 42, 43 e 45 a 47 não atendem ao limite. Portanto sugere-se que sejam instalados novos postos de monitoramento nestas, as demais atendem ao critério.

Levantado o número de estações operando (896 estações pluviométricas) pela área total da Bacia (636.071 km^2) pode-se estabelecer a densidade de cobertura média como sendo de $709,9 \text{ km}^2$ por estação. O que atenderia a recomendação da OMM, no entanto, a distribuição da cobertura é heterogênea, o que afeta o conhecimento hidrológico na Bacia.

22. 3.7.2. Análise da rede pluviométrica da ANA

Nos quadros 9 são apresentados os totais de estações pluviométricas da rede da ANA divididos por sub-bacias. Nota-se que a distribuição de estações por sub-bacia continua não sendo uniforme. Os quantitativos dos quadros são todos referentes a Setembro de 2002

Quadro 9. Estações pluviométricas da ANA por sub-bacia

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
P	76	72	25	9	26	13	21	12	18	15	287
Pr	20	15	13	3	6	12	13	5	4	2	93
PrE	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
PrEC	6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	7
PrT	1	1	1	2	1	2	4	-	1	1	14
PT	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
SI	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Totais</i>	104	89	41	15	33	27	39	17	23	18	406

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

O Quadro 10 trata apenas das em operação. A partir destes dados foi determinada relação da área de cobertura por estação por sub-bacia.

Quadro 10. Estações pluviométricas da ANA em operação por sub-bacia

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
P	39	25	15	8	17	7	8	2	14	8	143
Pr	15	12	12	2	6	11	12	4	4	2	80
PrE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
PrEC	6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	7
PrT	1	1	1	2	1	2	4	-	1	1	14
PT	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
SI	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Totais</i>	62	38	29	13	24	20	25	6	19	11	247

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quadro 11. Relação entre a área de cobertura por estação pluviométrica

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>	<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>
40	790	45	3.553
41	1.071	46	4.506
42	2.147	47	15.500
43	2.286	48	3.934
44	2.281	49	4.326
<i>Média</i>		4.039	

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

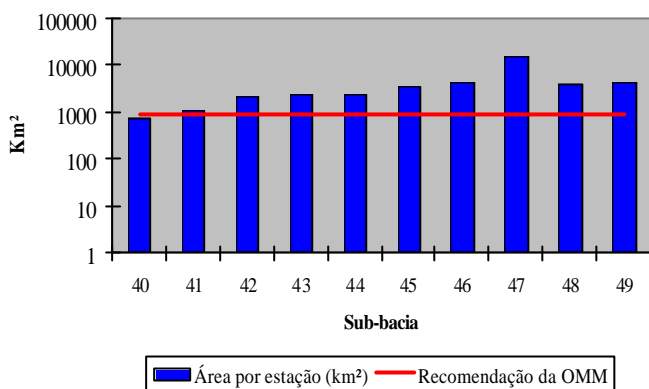


Figura 13. Comparativo: Densidade de cobertura e total de estações em operação da ANA, conforme a recomendação da OMM
 Fonte: HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002
 Observação: Escala Vertical Logarítmica

O limite sugerido pela OMM (900 km²), que é usado como limite do aceitável na figura 13, serve como indicativo se a densidade está ou não adequada.

Na Figura 13 observa-se que exceto a Sub-bacia 40, as demais não atendem o limite.

Portanto devem ser instalados mais postos de monitoramento nestas Sub-bacias. É interessante ressaltar que a situação ideal é que em cada posto represente uma parcela menor da Bacia.

Levantado o número de estações operando (247 estações pluviométricas) pela área total da Bacia (636.071 km²) pode-se estabelecer a densidade de cobertura geral da Bacia como sendo de 2.575 km² por estação, valor este bem aquém do recomendável.

23. 3.7.3. Representação espacial das informações levantadas

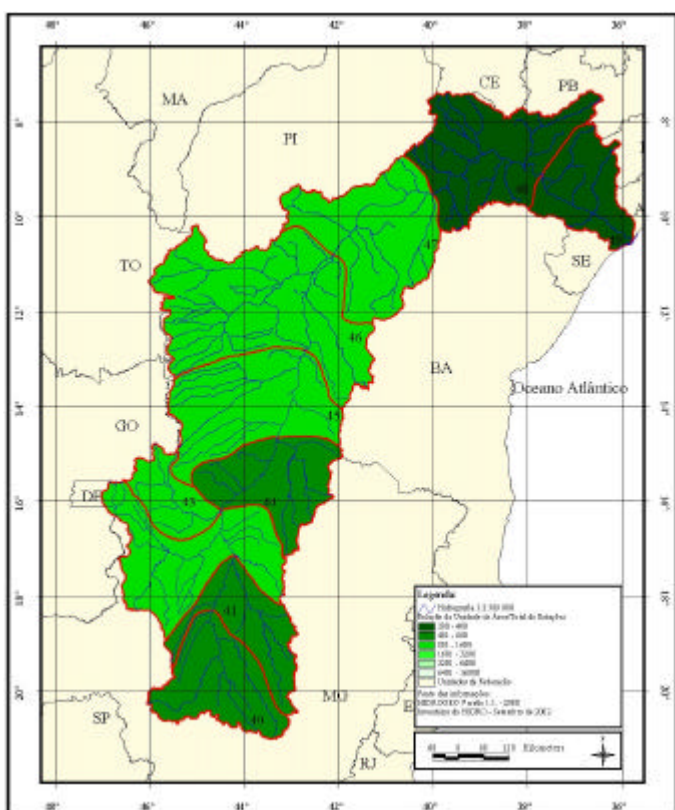


Figura 14. Relação entre a área (em km²) pelo total de pluviométricas em operação nas sub-bacias
 Fonte: HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Foram elaboradas diversas figuras que representam espacialmente as informações do diagnóstico.

Assim, a Figura 14 representa espacialmente a relação entre a área da sub-bacia (em km²) pela quantidade de estações pluviométricas em operação, sob responsabilidade da ANA e demais entidades.

Tem função de orientar o planejamento da rede, pois devem ser priorizadas as regiões onde cada estação representa uma área maior.

O Quadro 12 representa as informações que serviram de base para formulação da Figura 14, permitindo a comparação dos valores absolutos para cada sub-bacia.

Quadro 12. Área de cobertura por posto pluviométrico, conforme entidade e a condição de operação

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Operando e Extintas da ANA e demais entidades</i>	<i>Em operação (ANA e demais entidades)</i>	<i>Em operação da ANA</i>
40	259	450	790
41	306	678	1.071
42	582	1.074	2.147
43	782	1.143	2.286
44	468	711	2.281
45	846	1.292	3.553
46	741	1.149	4.506
47	756	1.069	15.500
48	324	383	3.934
49	257	363	4.326
Média	532	831	4.039

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

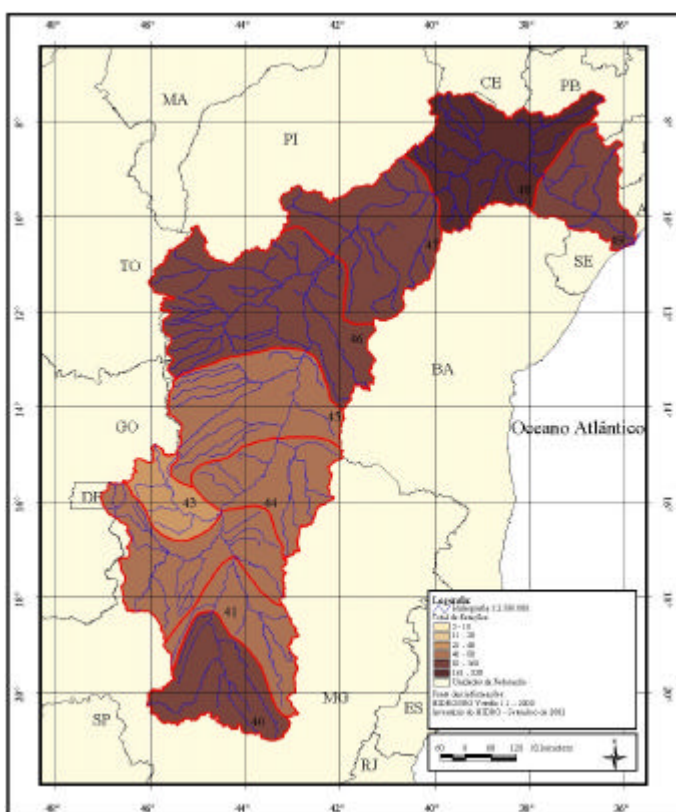


Figura 15. Quantitativo de estações pluviométricas em operação nas sub-bacias, na BSF da ANA e demais entidades

A Figura 15 representa espacialmente a quantidade de estações pluviométricas em operação sob responsabilidade da ANA e demais entidades nas sub-bacias na BSF.

Visualiza-se espacialmente o quantitativo de estações nas sub-bacias, quanto maiores forem estes valores, maior é o número de estações que representam a área. Os valores que serviram de base para esta figura estão representados no Quadro 13

As Figuras 16 e 17 são a representação espacial das informações que encontram-se listadas nos Quadros 14 e 15. Estas figuras tentam fornecer uma visão especializada da base de dados hoje existente na Agência, de forma a avaliar a eficiência com que a rede produz informações a partir de cada ponto de coleta (estação pluviométrica ou fluviométrica).

Quadro 13. Estações pluviométricas, de acordo com a entidade e a condição de operação

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Operando e extintas (ANA e demais entidades)</i>	<i>Em operação (ANA e demais entidades)</i>	<i>Em operação sob responsabilidade da ANA</i>
40	189	109	62
41	133	60	38
42	107	58	29
43	38	26	13
44	117	77	24
45	84	55	20
46	152	98	25
47	123	87	6
48	231	195	19
49	185	131	11
Total	1.359	896	247

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quadro 14. Dados pluviométricos mensais de acordo com a condição de operação

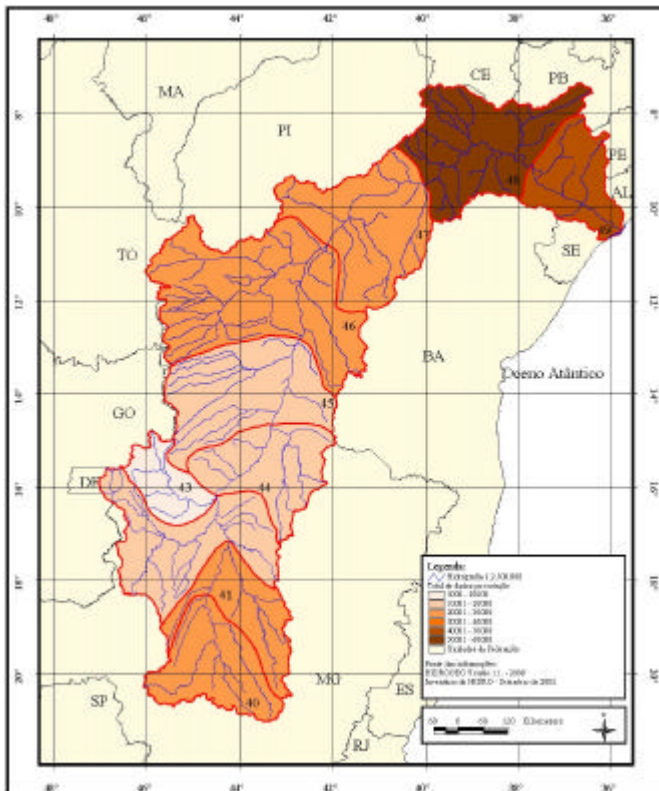
<i>Sub-Bacia</i>	<i>Estações operando e extintas</i>	<i>Somente estações em operação</i>
40	34.119	28.356
41	29.955	20.760
42	15.304	13.314
43	5.367	5.129
44	17.905	13.754
45	23.890	19.291
46	35.185	29.686
47	26.661	23.806
48	56.192	51.531
49	48.090	42.140
Total	292.668	247.767

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quadro 15. Total de estações pluviométricas com dados na base de informações do Hidro, acordo com a condição de operação

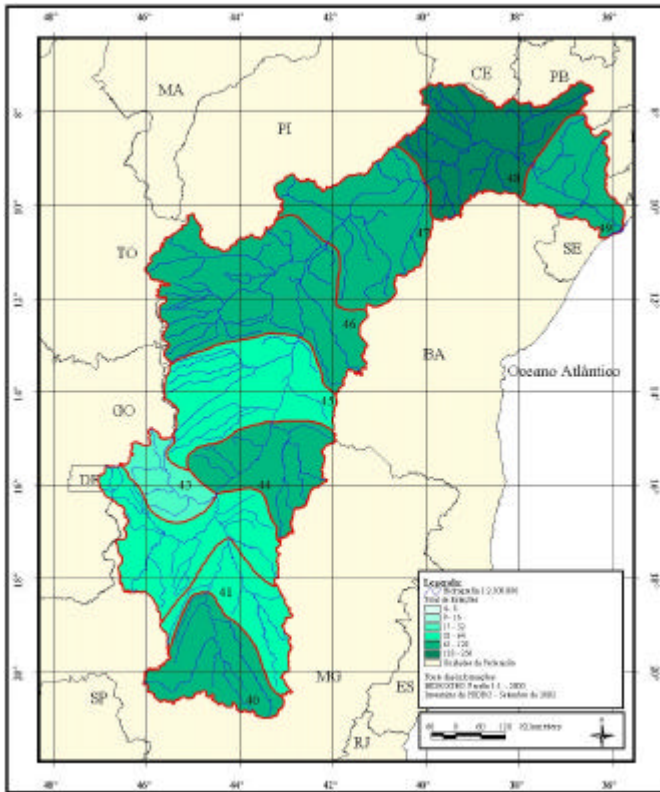
<i>Sub-Bacia</i>	<i>Estações operando e extintas</i>	<i>Somente operando</i>
40	128	82
41	105	49
42	73	53
43	24	21
44	97	68
45	67	47
46	125	91
47	111	83
48	168	148
49	139	105
Total	1.037	747

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002



A Figura 16 representa espacialmente o total de dados pluviométricos mensais gerados pelas estações em operação da ANA e demais entidades nas sub-bacias da BSF e disponíveis no Banco de Dados HIDRO. Tem função auxiliar nos estudos hidrológicos.

Figura 16. Total de dados pluviométricos mensais gerados pelas estações em operação nas sub-bacias da BSF



A Figura 17 representa espacialmente o número de estações pluviométricas operando com séries de dados nas sub-bacias da BSF, ilustrando o total de estações, operando da ANA ou demais entidades, que possuem séries de dados disponíveis no Banco de Dados HIDRO.

Figura 17. Número de estações pluviométricas operando com séries de dados na BSF

A Figura 18 ilustra espacialmente as estações pluviométricas operando sob responsabilidade da ANA e demais entidades nas sub-bacias da BSF e a cobertura espacial estimada de acordo com os critérios da OMM, ou seja uma cobertura espacial de aproximadamente 900 km².

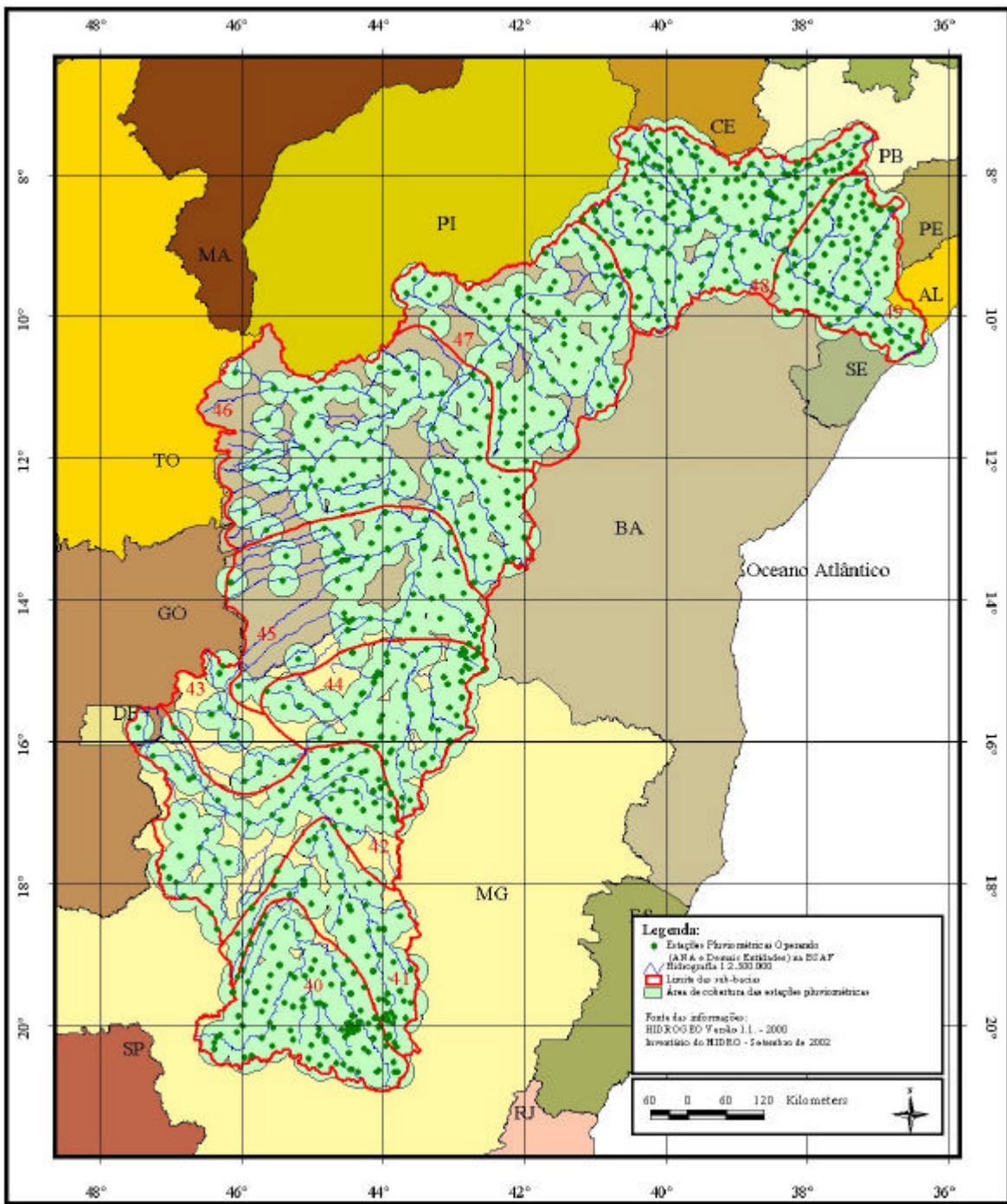


Figura 18. Estações pluviométricas operando sob responsabilidade da ANA e demais entidades na BSF e a cobertura espacial estimada

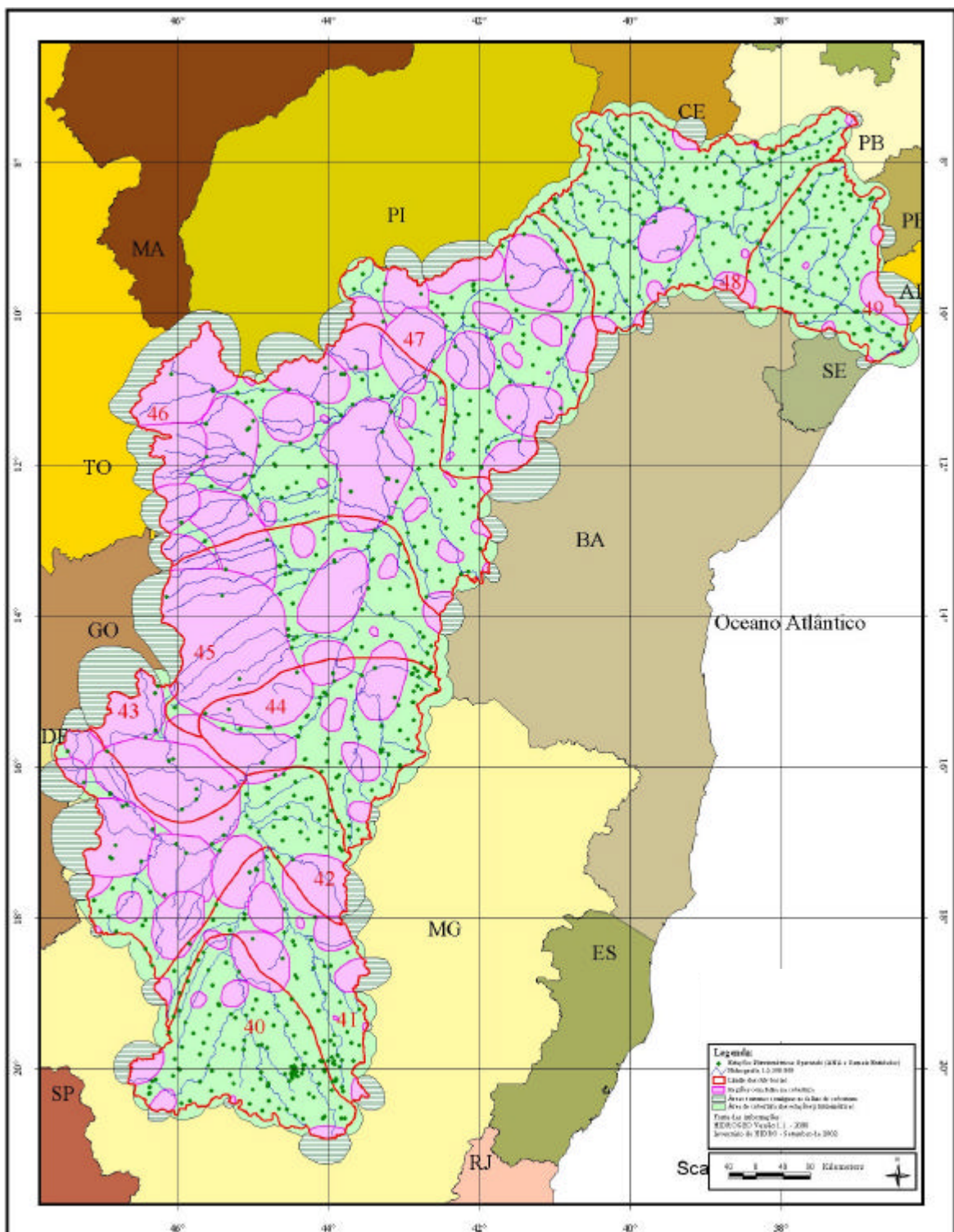


Figura 19. Áreas identificadas na BSF em que foram priorizadas as ações necessárias a ampliação da rede pluviométrica

24. 3.7.4. Análise global da rede fluviométrica

No Quadro 16 é apresentado o total, em operação ou não, de estações fluviométricas divididos por sub-bacias. Com estes números pode-se notar que a distribuição de estações por sub-bacia não é uniforme.

Quadro 16. Quantitativos de estações fluviométricas por sub-bacia

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
D	1	-	3	-	-	-	-	-	-	2	7
F	2	4	23	-	4	1	6	22	29	39	130
FD	98	77	12	8	15	22	39	22	15	16	324
FDQ	21	2	5	1	2	1	1	-	1	-	34
FDS	7	2	5	-	-	1	2	2	-	1	20
FDSQ	2	2	1	-	-	1	-	-	-	-	6
FDSQT	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
FDT	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
FQ	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
FR	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	3
FRD	14	7	20	5	7	16	23	8	12	7	119
FRDQ	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	5
FRDS	2	2	-	2	3	3	-	-	2	5	19
FRDSQ	4	5	2	2	3	-	5	-	2	1	24
FRDSQT	-	-	1	1	-	2	1	-	1	1	7
FRDST	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
FRDT	4	5	1	2	1	-	-	-	-	2	15
FRT	3	-	-	-	-	-	-	1	-	6	10
ND	7	6	7	2	3	2	-	-	2	3	43
Q	-	1	-	-	-	8	8	11	6	4	27
Totais	172	115	81	24	38	58	87	67	71	87	800

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

O Quadro 17 refere-se apenas às estações fluviométricas em operação, não havendo distinção da entidade operadora. A partir destes dados foi determinada a área de cobertura equivalente por estação, por sub-bacia e o valor médio para toda a Bacia, sendo representados no Quadro 18 e na Figura 20.

O limite sugerido pela OMM (2.500 km²) informado na Figura 20 é o limite superior para densidade mínima normal de estações para regiões planas, planaltos de clima tropical e temperado, embora nem todas as regiões da Bacia atendam esta descrição, no entanto, é um indicativo se a densidade está ou não adequada. Na mesma figura observa-se que as Sub-Bacias 43 a 47 não atendem o limite.

Levantado o número de estações operando (309 estações fluviométricas) pela área total da Bacia (636.071 km²) pode-se estabelecer a densidade de cobertura como sendo de 2.058 km² por estação, portanto, a princípio atendendo a recomendação da OMM.

Quadro 17. Quantitativos de estações fluviométricas em operação por sub-bacia

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
F	-	1	20	-	1	-	1	5	12	9	49
FD	34	15	2	4	4	6	8	5	7	5	90
FDQ	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
FDS	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	4
FDSQ	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-	5
FDSQT	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
FDT	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
FQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
FR	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
FRD	8	3	9	1	2	10	12	2	6	4	57
FRDQ	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
FRDS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
FRDSQ	4	5	2	1	3	-	3	-	2	1	21
FRDSQT	-	-	1	1	-	2	1	-	1	1	7
FRDST	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
FRDT	4	5	1	2	1	-	-	-	-	2	15
FRT	3	-	-	-	-	-	-	1	-	6	10
ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Q	-	-	-	-	-	8	8	11	6	4	37
Totais	67	31	38	9	11	27	35	24	35	32	309

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quadro 18. Relação entre a área de cobertura por estação fluviométrica

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>	<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>
40	731	45	2.632
41	1.312	46	3.218
42	1.639	47	3.875
43	3.302	48	2.136
44	4.977	49	1.487
Média Final		2.531	

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

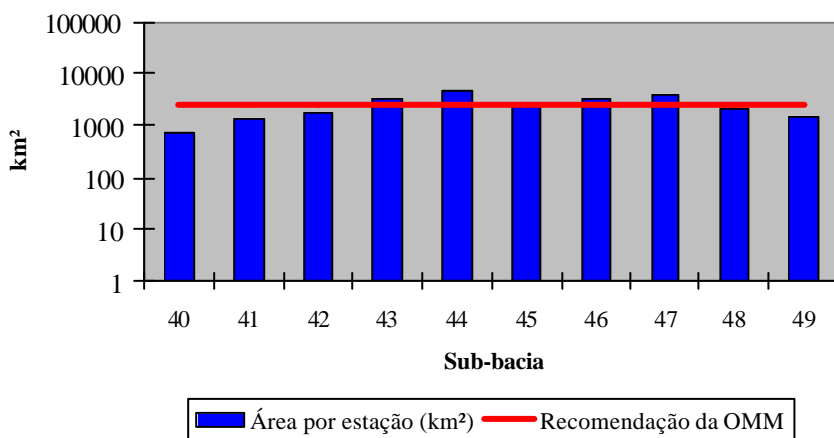


Figura 20. Comparativo entre a densidade de cobertura e o total de estações em operação por Sub-Bacia, de acordo com a recomendação da OMM

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Observação: Escala Vertical Logarítmica

25. 3.7.5. Análise da rede fluviométrica da ANA

No Quadro 19 é apresentado o total de estações fluviométricas em operação da Rede da ANA, divididos por sub-bacias. Os números ressaltam que a distribuição de estações por sub-bacia não é uniforme.

Quadro 19. Quantitativos de estações fluviométricas em operação por sub-bacia

<i>Tipo</i>	<i>SB 40</i>	<i>SB 41</i>	<i>SB 42</i>	<i>SB 43</i>	<i>SB 44</i>	<i>SB 45</i>	<i>SB 46</i>	<i>SB 47</i>	<i>SB 48</i>	<i>SB 49</i>	<i>Total</i>
F	-	-	-	-	-	-	1	-	2	2	5
FD	21	13	16	4	4	4	7	3	7	2	81
FDSQ	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-	5
FDSQT	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
FR	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
FRD	7	3	9	1	2	10	12	2	6	4	56
FRDSQ	4	5	2	1	3	-	3	-	2	1	21
FRDSQT	-	-	1	1	-	2	1	-	1	1	7
FRDT	1	1	1	2	1	-	-	-	-	-	6
Totais	35	24	29	9	10	17	25	5	19	10	183

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

A partir destes dados foi determinada a área de cobertura por estação, representando um valor médio para cada uma das sub-bacias e o médio para toda a Bacia.

Quadro 20. Relação entre a área de cobertura por estação fluviométrica

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>	<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>
40	1.400	45	4.180
41	1.695	46	4.506
42	2.147	47	18.600
43	3.302	48	3.934
44	5.475	49	4.758
Média		5.000	

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

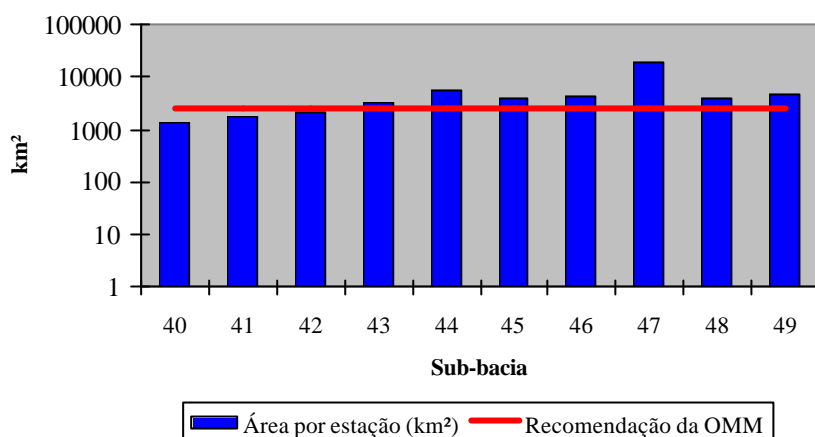


Figura 21. Comparativo: Densidade de cobertura e total de estações em operação da ANA por sub-Bacia, de acordo com a recomendação da OMM

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

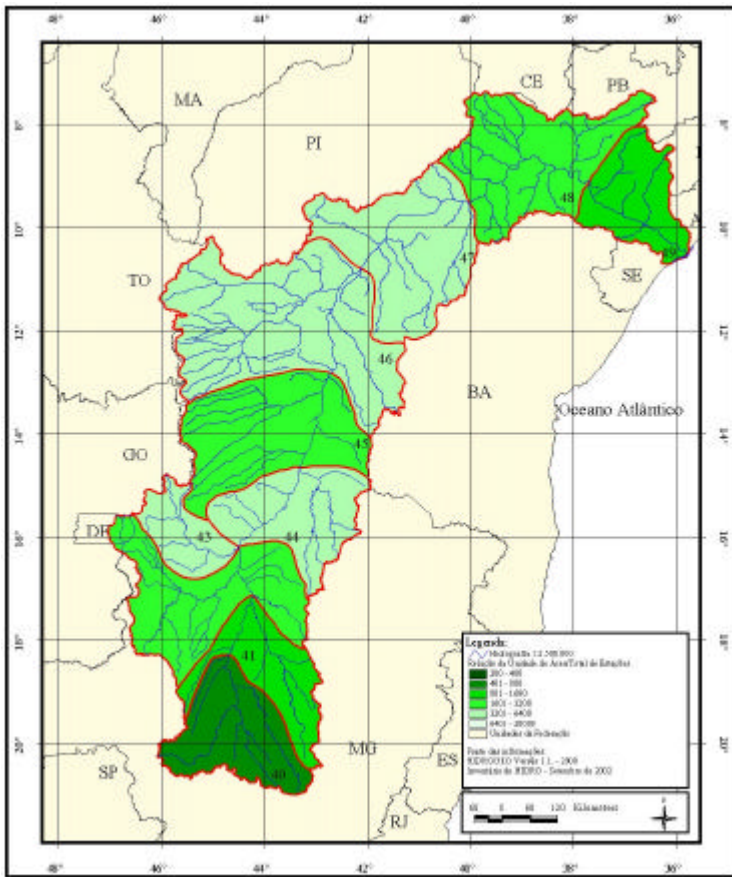
Observação: Escala Vertical Logarítmica

O limite sugerido pela OMM (2.500 km²), informado na Figura 21, é o limite superior para densidade mínima normal de estações para regiões planaltos de clima tropical. Se considerar que grande parte da Bacia atende esta descrição, este é um indicativo sobre a adequação da rede.

Pelo Quadro 20 e Figura 21 pode-se observar que as sub-bacias de 43 a 49 não atendem a recomendação. Portanto, sugere-se que sejam instalados mais postos de monitoramento nestas sub-bacias, as demais sub-bacias atendem ao critério.

Levantado o número de estações operando (183 estações fluviométricas) pode-se estabelecer a densidade de cobertura de estações como sendo, em média, de 3.473 km² por estação fluviométrica, o que se traduz em uma cobertura mais efetiva para as áreas maiores da bacia. Além da baixa densidade de cobertura, a distribuição espacial é bastante heterogênea e a cobertura quase nula nos cursos de água de menor porte.

26. 3.7.6. Representação espacial das informações levantadas



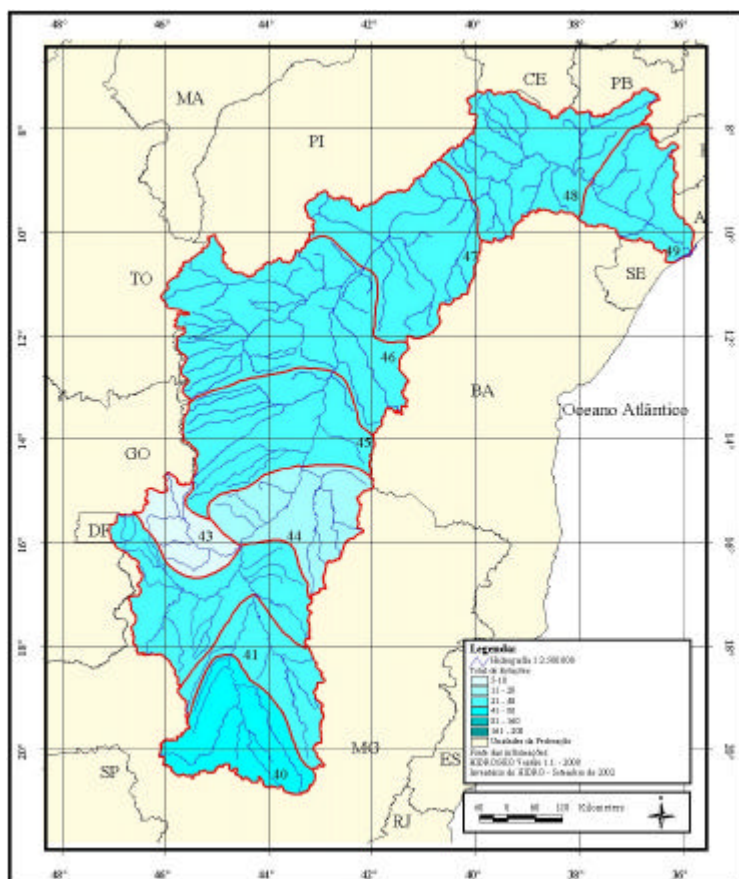
A Figura 22 ilustra espacialmente a relação entre a área da sub-bacia (em km²) pela quantidade de estações fluviométricas em operação, sob responsabilidade da ANA e demais entidades.

Figura 22. Área da sub-bacia (em km²) pelo total de estações fluviométricas em operação, da ANA e demais entidades na sub-bacia, na BSF

Quadro 21. Área de cobertura por posto fluviométrico, de acordo com a entidade e a condição de operação

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Em operação e extintas ANA e demais entidades</i>	<i>Em operação ANA e demais entidades</i>	<i>Em operação da ANA</i>
40	285	731	1.400
41	354	1.312	1.695
42	769	1.639	2.147
43	1.238	3.302	3.302
44	1.441	4.977	5.475
45	1.225	2.632	4.180
46	1.295	3.218	4.506
47	1.388	3.875	18.600
48	1.053	2.136	3.934
49	547	1.487	4.758
Média	960	2.531	5.000

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002



A Figura 23 representa espacialmente o quantitativo de estações fluviométricas em operação sob responsabilidade da ANA e demais entidades nas sub-bacias da BSF. Assim, quanto maiores forem estes valores, maior é o número de estações que representam a área, servindo de ferramenta de orientação do planejamento operacional da rede, pois serão priorizadas as regiões com poucas estações.

Figura 23. Quantitativo de estações fluviométricas em operação nas sub-bacias, na BSF da ANA e demais entidades

Quadro 22. Estações fluviométricas, de acordo com a entidade e a condição de operação

<i>Sub-bacia</i>	<i>Operando e extintas</i>	<i>Somente operando</i>	<i>Somente operando</i>
	<i>ANA e demais entidades</i>	<i>ANA e demais entidades</i>	<i>da ANA</i>
40	172	67	35
41	115	31	24
42	81	38	29
43	24	9	9
44	38	11	10
45	58	27	17
46	87	35	25
47	67	24	5
48	71	35	19
49	87	32	10
Total	800	309	183

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quadro 23. Dados fluviométricos mensais e o total de estações na base de informações do Hidro, acordo com a condição de operação

<i>Sub-bacia</i>	<i>Operando e extintas</i>		<i>Somente as em operação</i>	
	<i>Dados</i>	<i>Estações</i>	<i>Dados</i>	<i>Estações</i>
40	26.008	98	13.061	34
41	15.144	51	9.944	23
42	9.456	35	8.829	29
43	3.532	15	2.629	9
44	4.233	14	3.153	8
45	7.833	23	5.534	14
46	9.150	28	8.534	21
47	1.403	9	934	4
48	4.031	14	3.995	13
49	2.964	8	2.834	7
Total	83.754	295	59.447	162

Fonte: Base de Dados do HIDRO – SIH /ANA em Setembro de 2002

Quadro 24. Total de estações em operação com a área de drenagem inferior a 500 km² e a relação sobre o total de estações nas sub-bacias da BSF

Sub-bacia	ANA e demais entidades		Somente as da ANA	
	Total de estações	Percentual	Total de estações	Percentual
40	27	40,30	14	40,00
41	6	19,35	5	20,83
42	9	23,68	4	13,79
43	1	11,11	1	11,11
44	2	18,18	1	10,00
45	0	0,00	0	0,00
46	1	2,86	0	0,00
47	3	12,50	0	0,00
48	8	22,86	0	0,00
49	2	6,25	1	10,00
Média	59	15,71%	26	10,57%

Fonte: Base de Dados do HIDRO – SIH /ANA em Setembro de 2002

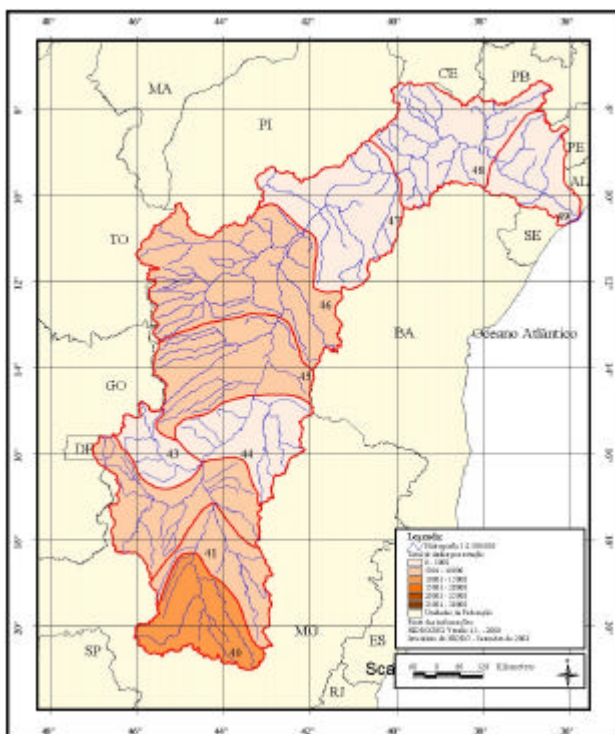
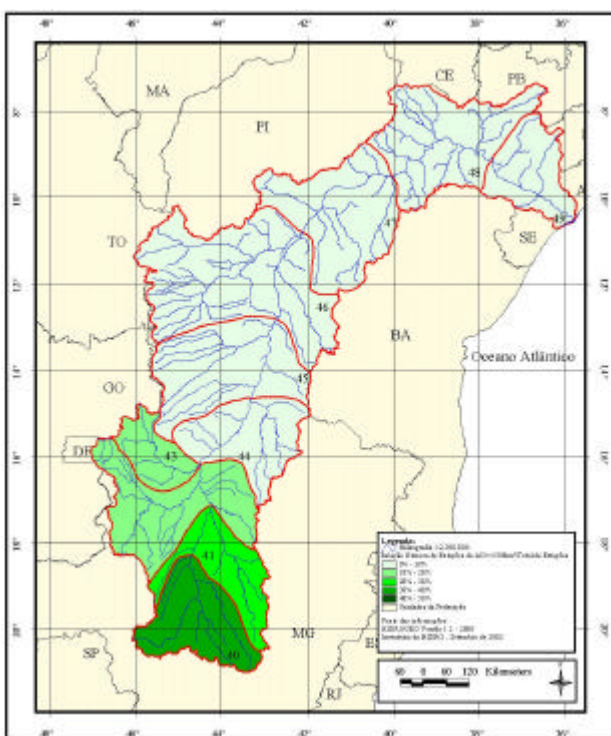


Figura 24. Total de dados fluviométricos mensais das estações em operação na Bacia

A Figura 24 representa espacialmente o total de dados fluviométricos mensais gerados pelas estações em operação nas sub-bacias da BSF e disponíveis no Banco de Dados HIDRO, são representadas as estações da ANA e demais entidades, separadas por sub-bacia. Auxilia na avaliação da eficiência da rede e nos estudos hidrológicos.



A Figura 25 representa o quantitativo de estações fluviométricas operando com área de drenagem inferior a 500 km² pelo total de estações na BSF, é um reflexo do enfoque dado a operação da rede hidrometeorológica nos planejamentos anteriores.

Figura 25. Estações fluviométricas operando, sob responsabilidade da ANA e demais entidades, com área de drenagem inferior a 500 km² em relação ao total de estações da sub-bacia, na BSF

27. 3.8. Análise qualitativa da rede atual

A análise das informações atualmente geradas pela rede hidrometeorológica foi feita utilizando preferencialmente as estações da ANA, devido a grande dificuldade em obtenção dos dados hidrológicos das estações que não pertencem a mesma. Sem estes dados não é possível a determinação da qualidade das informações produzidas por estações.

Quadro 25. Quadro comparativo de informações de estações pluviométricas:

<i>Sub-bacia</i>	<i>Total de estações</i>	<i>Estações com séries de dados</i>	<i>Dados mensais</i>	<i>Média de dados por estação</i>
40	189	128	34.119	267
41	133	105	29.955	285
42	107	73	15.304	210
43	38	24	5.367	224
44	117	97	17.905	185
45	84	67	23.890	357
46	152	125	35.185	281
47	123	111	29.961	270
48	231	168	56.192	334
49	185	139	48.090	346
Totais	1.359	1.037	295.968	2.759

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA em Setembro de 2002

4. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA ATUAL REDE

28. 4.1. Quanto a locação atual das estações

29. Quanto a distribuição e a eficiência na geração de dados nas estações:

A distribuição espacial das estações na Rede merece uma análise mais crítica pois há regiões com alta densidade de estações, ainda que considerando que fazem parte de uma rede de alerta de enchentes, ou bacia piloto para estudos hidrológicos. No extremo oposto, a quase total ausência de informação, ainda que estas regiões sejam vazios populacionais ou regiões de difícil acesso.

A análise da série de dados gerados pelas estações pode-se verificar que, várias estações dadas como em operação, não há uma única informação, no banco de dados do HIDRO, enquanto algumas estações possuem séries muito curtas e com diversos períodos de falhas, outras estações possuem mais de 60 anos de observações com muito pouco falhas.

A distribuição mais adequada de uma rede hidrometeorológica leva em consideração critérios definidos no planejamento estratégico da Agência, seguindo as recomendações desta, da OMM e do DNAEE/ANEEL.

30. Quanto a localização das estações:

Quando da instalação de uma estação hidrometeorológica deve-se levar em consideração que:

- os **equipamentos** sempre **apresentam** um **custo de aquisição e manutenção** por isto, devem ser **tomados cuidados no sentido de preservá-los**. Os equipamentos são protegidos contra as intempéries mas o vandalismo é uma constante;



Foto 3. Locação inadequada da estação, na murada da ponte, facilitando o vandalismo

Fonte: Arquivo do Consultor – Outubro de 2002

- a **informação** fornecida pelo equipamento **tem**, por vezes, um **valor inestimável**, como as vidas humanas preservadas em função de um alerta de cheia emitido;
- a **instalação** dos equipamentos deve ser a mais **discreta** possível, de maneira que o ambiente disfarce a sua presença, sem alterar as leituras realizadas pelos sensores;



Foto 4. Erosão solapando o RN e a seção de régua

Fonte: Arquivo do Consultor – Outubro de 2002



Foto 5. Lance de régua sendo usada como trampolim

Fonte: Gerência de Planejamento de Rede/SIH/ANA



Foto 6. Duas estações pluviométricas operando no mesmo ponto

Fonte: Arquivo do Consultor – Outubro de 2002

- a locação de uma estação deve considerar a sua **acessibilidade a qualquer tempo**, ao mínimo custo associado;
- sugere-se que o **observador deva residir próximo a estação**, de forma que o mesmo sirva de vigilante e evitar que a observação não seja feita devido ao deslocamentos ou as intempéries;

5. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

31. 5.1. Planejamento da rede hidrometeorológica

O planejamento da rede complementar deve atender as diretrizes do “*Termo de Referência para Realização de Diagnóstico e Planejamento da Rede Hidrometeorológica Nacional*”, elaborado pela ANA, em abril de 2001.

32. 5.2. Parâmetros de projeto

33. 5.2.1. Aplicados as estações pluviométricas

Foram adotados os seguintes critérios para locação das estações pluviométricas na bacia hidrográfica:

- visando a ampliar a base de dados para estudos sobre precipitações concentradas locou-se as estações nas regiões de planície e nas serras, chapadas, mesmo quando aparentemente houve-se excesso de cobertura, havendo um adensamento de estações nas regiões de cabeceiras dos cursos d’água, por estas estarem sujeitas a precipitações de origem orográfica;
- locação de um pluviômetro convencional nos núcleos urbanos onde não havia cobertura ou nas suas proximidades;
- definiu-se, em conjunto com a equipe da ANA que a cada grupo de 5 pluviômetros convencionais será instalado um registrador, preferencialmente do tipo *data-logger* que foi considerado, para efeitos de planejamento, equivalentes a pluviógrafos;
- nos locais mais inóspitos sugere-se a instalação de estações automáticas e telemétricas com maior autonomia, devido aos elevados custos associadas as visitas.

34. 5.2.2. Aplicados as estações evaporimétricas

A densidade será, no mínimo, o triplo ao das recomendações da OMM.

35. 5.2.3. Aplicados as estações fluviométricas

Foram adotados os seguintes critérios para locação das estações fluviométricas na bacia hidrográfica:

- Houve adensamento de estações nas regiões de cabeceiras dos cursos d’água, por estas estarem sujeitas a precipitações orográficas, assim susceptíveis a ondas de cheia;
- locação de, pelo menos, uma estação fluviométrica a montante e a jusante dos reservatórios identificados e pelo menos, três estações fluviométricas na cabeceira, no trecho médio e na foz dos rios principais;
- locação de registradores automáticos do tipo *data-logger* naqueles pontos mais distantes, onde não havia núcleo urbano nas proximidades, que foi considerado para efeitos de planejamento equivalentes a linígrafo;
- serão instaladas estações FD próximo a foz de todos os afluentes principais do Rio São Francisco;

- deverão ser instaladas estações de coleta de parâmetros de Sedimento (S) e Qualidade (Q) imediatamente a montante e a jusante dos principais reservatórios identificados, tanto para geração, abastecimento de água e usos múltiplos;

36. 5.2.4. Quanto aos equipamentos automáticos

A instalação de equipamentos automáticos deve ser priorizada de duas maneiras:

- nos locais de muito pouco habitadas;
- nos locais onde é necessária a informação de forma instantânea, como por exemplo, na rede de alerta contra cheias;

Para que se tenha um mínimo controle a respeito das estações que se enquadrem na primeira situação sugere-se que a cada grupo de 5 equipamentos automáticos do tipo *data-loggers*, seja instalada uma estação telemétrica, via satélite ou SMS.

37. 5.3. Planejamento da rede complementar

O planejamento da rede inclui, necessariamente, duas vertentes:

- a melhoria da rede de coleta de dados hidrométricos, em geral;
- estruturar um sistema regional que proporcione informações sobre a qualidade das águas (inclusive subterrâneas);

A rede de monitoramento quali-quantitativo na Bacia deve operar de forma integrada e sistêmica, gerando informações consistentes sobre uma determinada realidade ou situação particular, para ensejar um adequado gerenciamento dos recursos hídricos regionais.

Este sistema regional de informações, vinculado aos respectivos Conselhos Estaduais e aos organismos e entidades relacionadas ao uso, manejo e gestão dos recursos hídricos, e reunindo em um único banco de dados, estaria integrado ao Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos.

A maior parte das deficiências resulta da ocorrência de fatores não hidrológicos, que no entanto afetam o resultado como um todo:

- falta de recursos para manutenção dos equipamentos e da rede;
- falha do equipamento, provocada por fatores internos (problemas no equipamento) e externo (furtos e vandalismo entre outros);
- falta e falha dos observadores;
- ausência de locais adequados para instalação de estações;
- tecnologia e equipamento de campo inadequado para realização dos serviços, como, por exemplo medição de vazão em pequenos cursos d'água;

- planejamento inadequado do serviço de campo, onde são realizadas visitas quando os cursos d'água encontram-se “cortados”, isto é, seco, portanto sem condições de realizar a medição de vazão.

38. 5.4. Tipos de estações sugeridas para a rede complementar

De acordo com os levantamentos realizados na fase do Diagnóstico sugere-se que a escolha dos tipos a serem instalados seja feita a partir de uma gama menor de combinações:

- **estações pluviométricas:**
 - P estação pluviométrica convencional;
 - Pr estação pluviométrica com registrador;
 - PrEC estação pluviométrica com registrador, tanque evaporimétrico e climatológica;
 - PrECT estação pluviométrica com registrador, tanque evaporimétrico, equipamento climatológico e telemétrico;
 - PrT estação pluviométrica com registrador e equipamento telemétrico;
- **estações fluviométricas:**
 - FD estação com escala para medição do nível d'água e descarga líquida;
 - FDSQ estação com escala para medição do nível d'água, medições de descarga líquida e sólida, e coleta de parâmetros de qualidade;
 - FRDSQ estação com escala para medição do nível d'água, registrador, medições de descarga líquida e sólida, e coleta de parâmetros de qualidade;
 - FRDSQT estação com escala para medição do nível d'água, registrador, medições de descarga líquida e sólida, coleta de parâmetros de qualidade e transmissor telemétrico;

39. 5.5. Regiões prioritárias para as ações de ampliação da rede hidrometeorológica

40. 5.5.1. Enchentes e áreas inundáveis

As seguintes regiões são prioritárias para implantação de rede telemétrica de alerta antecipado contra enchentes:

- afluentes no Alto São Francisco;
- Bom Jesus da Lapa;
- Divinópolis;
- Itaúna;
- Januária
- Manga;
- Montes Claros;
- Pirapora;
- Região Metropolitana de Belo Horizonte;
- vales dos rios Paraopeba e Paracatu;

41. 5.5.2. Estiagens

A Bacia experimenta, também regularmente, o efeito de estiagens prolongadas, principalmente nas sub-bacias do Médio e Sub-Médio São Francisco. Secas, como a de 1976, tem provocado perdas consideráveis da produção agrícola regional, aumentando o êxodo rural e agravando o crescimento urbano, com distúrbios e tensões sociais graves.

Em que pese as restrições, muitas vezes fundamentadas, aos programas de irrigação, é importante reconhecer que o suprimento de água para sustentar a produção agropecuária, ainda que não suficiente, é definitivamente necessário para viabilizar a fixação das populações no semi-árido. E, portanto, na sua essência, estes programas de irrigação permanecem válidos, cabendo entender-se que devem ser considerados muito além da mera implantação de obras.

42. 5.5.3. Rede de estações automáticas (*data-logger* e telemétricas)

Nas regiões 5.5.1. e 5.5.2. deverá ser ampliada a rede hidrometeorológica automática para a intensificação da coleta de dados. Há grandes vazios populacionais que justificam a instalação de equipamentos automáticos e no fomento ao planejamento estratégico das disponibilidades hídricas nacionais.

Em outras regiões o uso de estações automáticas será no sentido de antecipar o alerta para reduzir os efeitos produzidos pelas estiagens e ondas de cheias que provocam perdas na produção agrícola, aumento do êxodo rural e agravamento no ritmo do crescimento urbano.

43. 5.5.4. Estrutura da rede hidrometeorológica na BSF

A implantação da rede hidrometeorológica na Bacia deverá seguir uma ordem, de acordo com as prioridades anteriormente definidas, critérios de disponibilidade financeira e recursos humanos.

Considerando a urgência nas informações hidrometeorológicas para subsidiar estudos que permitirão a adoção de medidas de racionalização do uso da água a Rede Básica Mínima será implantada em três etapas, a curto prazo, caracterizando a Rede Básica Mínima Prioritária - **RBMP** e a médio prazo caracterizando a Rede Básica Mínima – **RBM**, e no longo prazo a Rede Básica ideal - **RBI**.

Para que a alocação de recursos seja distribuída dentro do horizonte de projeto, estima-se que devam ser instaladas conforme o cronograma apresentado no Quadro 27.

Quadro 26. Cronograma de implantação das estações previstas no planejamento

Horizonte de projeto												
Semestre →	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6	
	1º.	2º.	1º.	2º.	1º.	2º.	1º.	2º.	1º.	2º.	1º.	2º.
RBMP ^[1]												
RBM ^[2]												
RBI ^[3]												

^[1] RBMP - Rede Básica Mínima Prioritária

^[2] RBM - Rede Básica Mínima

^[3] RBI - Rede Básica ideal

44. 5.6. Custos de ampliação e modernização da rede hidrometeorológica na Bacia

Os custos de instalação, por estação, estão estimados, a partir de informações fornecidas pela Gerência de Planejamento de Redes da SIH/ANA da seguinte forma: (Referência US\$ 1= R\$3,50)

- Estação convencional:
 - Pluviométrica: US\$ 290,00
 - Pluviográfica: US\$ 400,00
 - Evaporimétrica - Climatológica: US\$ 5.350,00
 - Fluviométrica: US\$ 200,00
 - Fluviométrica com registrador convencional (linígrafo): US\$ 460,00
- Estação automática:
 - Pluviométrica: US\$ 1.200,00
 - Fluviométrica: US\$ 1.630,00
- Estação telemétrica:
 - Pluvio-Fluviométrica: US\$ 10.300,00
 - Pluvio-Fluviométrica com parâmetros de qualidade da água: US\$ 20.000,00

Os custos de manutenção, por estação/ano, estão estimados da seguinte forma, a partir dos custos usuais de operação da rede hidrometeorológica nacional: (Referência US\$ 1= R\$3,50)

- Estação convencional:
 - Pluviométrica: US\$ 1.150,00
 - Pluviográfica: US\$ 1.725,00
 - Evaporimétrica –Climatológica: US\$ 1.925,00
 - Fluviométrica: US\$ 1.350,00
 - Fluviométrica com registrador convencional (linígrafo): US\$ 1.600,00
- Estação automática:
 - Pluviométrica: US\$ 1.200,00
 - Fluviométrica: US\$ 1.800,00

- Estação telemétrica:
 - Pluvio-Fluviométrica: US\$ 2.300,00
 - Pluvio-Fluviométrica com parâmetros de qualidade da água: US\$ 2.400,00

Sugerem-se que sejam instaladas ou modernizadas, dentro da bacia e nas suas áreas limítrofes, num prazo de até seis anos, 1.261 estações pluviométricas conforme a proposta do Quadro 27.

A modernização e a instalação das estações pluviométricas sugere-se que deva obedecer ao cronograma proposto no Quadro 28.

O custo de implantação da proposta referente as estações pluviométricas encontra-se representada no Quadro 29.

O custo de operação anual da rede pluviométrica, após a implantação integral da proposta encontra-se representado no Quadro 30.

Quadro 27. Distribuição proposta das estações pluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia

<i>Sub-bacia</i>	<i>Tipo de estação</i>						<i>Total</i>
	<i>P</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr(DL)</i>	<i>PrEC</i>	<i>PrECT</i>	<i>PrT</i>	
40	31	34	15	3	3	7	93
41	41	20	20	4	1	5	91
42	79	19	55	4	0	2	159
43	23	9	34	3	0	1	70
44	40	9	42	3	0	0	94
45	39	9	114	3	3	4	172
46	71	9	159	5	0	1	245
47	72	5	82	5	1	2	167
48	43	13	37	2	1	0	96
49	31	19	17	3	2	2	74
Totais	432	156	524	30	9	19	1.261

Quadro 28. Cronograma sugerido de instalação e modernização das estações pluviométricas previstas no planejamento

<i>Sub-bacia</i>	<i>Horizonte de projeto</i>					
	<i>Ano 1</i>	<i>Ano 2</i>	<i>Ano 3</i>	<i>Ano 4</i>	<i>Ano 5</i>	<i>Ano 6</i>
<i>Percentual</i>	<i>30%</i>	<i>20%</i>	<i>20%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>
40	28	19	19	09	09	09
41	27	18	18	09	09	09
42	48	32	32	16	16	16
43	21	14	14	07	07	07
44	28	19	19	09	09	09
45	52	34	34	17	17	17
46	74	49	49	25	25	25
47	50	33	33	17	17	17
48	29	19	19	10	10	10

49	22	15	15	07	07	07
Totais	378	252	252	126	126	126

Quadro 29. Custo de instalação estimado (em US\$) das estações pluviométricas conforme o planejamento

<i>Sub-bacia</i>	<i>Tipo de estação</i>						<i>Total</i>
	<i>P</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr(DL)</i>	<i>PrEC</i>	<i>PrECT</i>	<i>PrT</i>	
40	8.990	13.600	18.000	16.050	46.950	72.100	175.690
41	11.890	8.000	24.000	21.400	15.650	51.500	132.440
42	22.910	7.600	66.000	21.400	0	20.600	138.510
43	6.670	3.600	40.800	16.050	0	10.300	77.420
44	11.600	3.600	50.400	16.050	0	0	81.650
45	11.310	3.600	136.800	16.050	46.950	41.200	255.910
46	20.590	3.600	190.800	26.750	0	10.300	252.040
47	20.880	2.000	98.400	26.750	15.650	20.600	184.280
48	12.470	5.200	44.400	10.700	15.650	0	88.420
49	8.990	7.600	20.400	16.050	31.300	20.600	104.940
Totais	136.300	58.400	690.000	187.250	172.150	247.200	1.491.300

Quadro 30. Custo anual, em US\$, de manutenção das estações pluviométricas após a implantação integral da proposta, a partir dos custos de operação praticados pela ANA

<i>Sub-bacia</i>	<i>Tipo de estação</i>						<i>Total</i>
	<i>P</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr(DL)</i>	<i>PrEC</i>	<i>PrECT</i>	<i>PrT</i>	
40	35.650	58.650	18.000	5.775	12.675	16.100	146.850
41	47.150	34.500	24.000	7.700	4.225	11.500	129.075
42	90.850	32.775	66.000	7.700	0	4.600	201.925
43	26.450	15.525	40.800	5.775	0	2.300	90.850
44	46.000	15.525	50.400	5.775	0	0	117.700
45	44.850	15.525	136.800	5.775	12.675	9.200	224.825
46	81.650	15.525	190.800	9.625	0	2.300	299.900
47	82.800	8.625	98.400	9.625	4.225	4.600	208.275
48	49.450	22.425	44.400	3.850	4.225	0	124.350
49	35.650	32.775	20.400	5.775	8.450	4.600	107.650
Totais	540.500	251.850	690.000	67.375	46.475	55.200	1.651.400

Da mesma forma, sugere-se que devam ser instaladas ou modernizadas, dentro da bacia em um prazo de até seis anos, 671 estações fluviométricas respeitando a proposta no Quadro 31.

A modernização e a instalação das estações fluviométricas sugere-se que deva obedecer ao cronograma proposto no Quadro 32.

O custo de implantação e modernização das estações fluviométricas da proposta encontra-se representada no Quadro 33.

O custo de operação anual da rede fluviométrica complementar, após a implantação integral da proposta encontra-se representado no Quadro 34.

Quadro 31. Distribuição proposta das estações fluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia

<i>Sub-bacia</i>	<i>Tipo de estação</i>						<i>Total</i>
	<i>FD</i>	<i>FDSQ</i>	<i>FrD(DL)</i>	<i>FrDSQ</i>	<i>FrDSQT</i>	<i>FrDT</i>	
40	41	13	22	26	05	04	111
41	26	17	09	06	12	01	71
42	32	07	05	04	00	00	48
43	10	06	08	03	01	00	28
44	18	04	10	14	00	00	46
45	07	09	18	03	05	03	45
46	34	13	45	07	00	01	100
47	33	13	25	14	00	02	87
48	20	28	16	11	00	00	75
49	20	21	16	05	00	01	63
Totais	241	131	174	93	23	12	674

Quadro 32. Cronograma sugerido de instalação e modernização das estações fluviométricas previstas no planejamento

<i>Sub-bacia</i>	<i>Horizonte de projeto</i>					
	<i>Ano 1</i>	<i>Ano 2</i>	<i>Ano 3</i>	<i>Ano 4</i>	<i>Ano 5</i>	<i>Ano 6</i>
<i>Percentual</i>	<i>30%</i>	<i>20%</i>	<i>20%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>
40	23	15	15	08	08	08
41	16	11	11	05	05	05
42	14	10	10	05	05	05
43	08	06	06	03	03	03
44	14	09	09	05	05	05
45	14	09	09	05	05	05
46	30	20	20	10	10	10
47	26	17	17	09	09	09
48	23	15	15	08	08	08
49	19	13	13	06	06	06
Totais	187	125	125	62	62	62

Quadro 33. Custo de instalação, em US\$, das estações fluviométricas conforme o planejamento

Sub-bacia	Tipo de estação						Total
	FD	FDSQ	FrD(DL)	FrDSQ	FrDSQT	FrDT	
40	8.200	5.980	35.860	54.340	100.000	41.200	245.580
41	5.200	7.820	14.670	12.540	240.000	10.300	290.530
42	6.400	3.220	8.150	8.360	0	0	26.130
43	2.000	2.760	13.040	6.270	20.000	0	44.070
44	3.600	1.840	16.300	29.260	0	0	51.000
45	1.400	4.140	29.340	6.270	100.000	30.900	172.050
46	6.800	5.980	73.350	14.630	0	10.300	111.060
47	6.600	5.980	40.750	29.260	0	20.600	103.190
48	4.000	12.880	26.080	22.990	0	0	65.950
49	4.000	9.660	26.080	10.450	0	10.300	60.490
Totais	48.200	60.260	283.620	194.370	460.000	123.600	1.170.050

Quadro 34. Custo anual, em US\$, de manutenção das estações fluviométricas após a implantação total da proposta conforme os custos praticados pela ANA

Sub-bacia	Tipo de estação						Total
	FD	FDSQ	FrD(DL)	FrDSQ	FrDSQT	FrDT	
40	55.350	13.000	39.600	72.800	17.000	9.200	206.950
41	35.100	17.000	16.200	16.800	40.800	2.300	128.200
42	43.200	7.000	9.000	11.200	0	0	70.400
43	13.500	6.000	14.400	8.400	3.400	0	45.700
44	24.300	4.000	18.000	39.200	0	0	85.500
45	9.450	9.000	32.400	8.400	17.000	6.900	83.150
46	45.900	13.000	81.000	19.600	0	2.300	161.800
47	44.550	13.000	45.000	39.200	0	4.600	146.350
48	27.000	28.000	28.800	30.800	0	0	114.600
49	27.000	21.000	28.800	14.000	0	2.300	93.100
Totais	325.350	131.000	313.200	260.400	78.200	27.600	1.135.750

Quadro 35. Custo, em US\$, total de instalação e modernização da rede complementar proposta

<i>Sub-bacia</i>	<i>Fluviométrica</i>	<i>Pluviométrica</i>	<i>Total</i>
40	245.580	175.690	421.270
41	290.530	132.440	422.970
42	26.130	138.510	164.640
43	44.070	77.420	121.490
44	51.000	81.650	132.650
45	172.050	255.910	427.960
46	111.060	252.040	363.100
47	103.190	184.280	287.470
48	65.950	88.420	154.370
49	60.490	104.940	165.430
<i>Totais</i>	<i>1.170.050</i>	<i>1.491.300</i>	<i>2.661.350</i>

Quadro 36. Custo total em US\$, anual de operação da rede complementar proposta

<i>Sub-bacia</i>	<i>Fluviométrica</i>	<i>Pluviométrica</i>	<i>Total</i>
40	206.950	146.850	353.800
41	128.200	129.075	257.275
42	70.400	201.925	272.325
43	45.700	90.850	136.550
44	85.500	117.700	203.200
45	83.150	224.825	307.975
46	161.800	299.900	461.700
47	146.350	208.275	354.625
48	114.600	124.350	238.950
49	93.100	107.650	200.750
<i>Totais</i>	<i>1.135.750</i>	<i>1.651.400</i>	<i>2.787.150</i>

6. CONCLUSÕES

Quanto às entidades:

- durante o processo de levantamento das informações constatou-se que havia mais entidades que realizam monitoramento hidrometeorológico na área da Bacia que as cadastradas no inventário do HIDRO 1.0.8., daí conclui-se que estas entidades não estão cadastradas na ANA, assim é preeminente a revisão completa das informações cadastrais das estações hidrometeorológicas na Bacia;

- cabe a Agência o prosseguimento nos contatos mantidos com das diversas entidades e devem ser dados encaminhamentos apropriados para a reunião de esforços na consolidação da rede de monitoramento e a disseminação das informações;

Quanto às estações:

- concluiu-se que, embora o número total de estações hidrometeorológicas seja bastante significativo a distribuição espacial não seja adequada, havendo desta forma a necessidade de se relocar estações e se instalar novos pontos de monitoramento;
- de acordo com as recomendações da OMM, e considerando-se que a Bacia como sendo uma região de planaltos de clima tropical e regiões planas de acordo com o critério de densidade de estações por área de Bacia hidrográfica, apresenta uma estação fluviométrica a cada 2.058 km², e a cada 709,9 km² no caso de pluviométrica, desta forma, embora muito próximo ao limite superior, estas recomendações são atendidas; no entanto, ao se verificar as parte da Bacia nas regiões onde relevo é mais acidentado, observa-se que a recomendação não é atendida;

Quanto às estações pluviométricas:

- a maior parcela das estações pluviométricas em operação encontram-se distribuídas nos estados de Minas Gerais (36,6%), Bahia (30,9%) e Pernambuco (25,3%), nos demais estados detêm apenas 7,1% das estações, em que pese nesta distribuição a maior parcela da Bacia encontra-se em Minas Gerais e Bahia;
- a maior parcela das estações fluviométricas em operação encontram-se distribuídas nos estados de Minas Gerais (51,8%), Bahia (32,4%) e Pernambuco (12,6%), nos demais estados detêm apenas 3,2% das estações, em que pese nesta distribuição a maior parcela da Bacia encontra-se em Minas Gerais e Bahia;
- O quantitativo de estações, principalmente pluviométricas, em Pernambuco é bastante significativa principalmente ao se considerar a área da Bacia dentro desta UF, observa-se que a densidade fica bem significativa;
- ao se analisar os tipos de estações pluviométricas, observa-se que do total de 896 estações em operação, 76,1% (682) são dotadas apenas de pluviômetros, o tipo mais simples de equipamento, 20,4% (183) possuem registrador acoplado e em uma delas não há informação a respeito do equipamento
- da análise do quadro 28 pode-se concluir que as sub-bacias 42, 43, 45, 46 e 47 não atendem as recomendações da OMM quanto a densidade mínima de cobertura, portanto devem ser ampliada a rede pluviométrica nestas bacias, de forma que seja atendida a recomendação. A situação é ainda mais desfavorável se for considerada apenas a rede da ANA;

Quadro 37. Relação entre a área de cobertura por estação pluviométrica

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>	<i>Sub-Bacia</i>	<i>Densidade</i>
40	450	45	1.292
41	678	46	1.149
42	1.074	47	1.069
43	1.143	48	383
44	711	49	363
<i>Média</i>		831	

Fonte: Inventário do HIDRO – SIH /ANA, Setembro de 2002

Quanto às estações climatológicas:

- há apenas 70 estações climatológicas (7,8% do total) na área, fornecendo uma densidade média de 9.087 km² por estação e que as 20 evaporimétricas em operação representam 2,2% do total, ao qual se calcula uma densidade média de 31.804 km² por estação e se considerar a bacia toda como sendo de clima árido pode-se dizer que a recomendação da OMM de 30.000 km² por estação é atendida, no entanto, sugere-se que sejam intensificados os levantamentos de evaporação real na bacia;

Quanto às estações pluviométricas telemétricas:

- a densidade de estações pluviométricas com transmissor telemétrico na bacia é baixíssima, 14.456 km² por estação sendo que a gestão dos recursos hídricos é bastante conflituosa e visando a ampliação da rede de alerta contra cheia, esta densidade deve ser ampliada com grande urgência;

Quanto às estações fluviométricas:

- ao se analisar os tipos de estações fluviométricas, observa-se que do total de 309 estações em operação na BSF, que correspondem a 38,6% do total de estações existentes na Bacia, pode-se observar que:
 - em 12,0% (37) das estações não é realizado o acompanhamento do nível da água;
 - em 25,6% (79) das estações não são realizadas medições de descarga, neste caso, o fator agravante é que em 37 destas estações são analisados parâmetros de qualidade da água, o que de certa forma compromete o resultado das análises;
 - a única hipótese onde é dispensável a medição da vazão é quando há várias seções de réguas próximas onde é feito o acompanhamento da linha d'água para aproveitamentos hidrelétricos. Desta forma, o procedimento mais correto é que quase a totalidade das estações devem ser feitas medições de vazões líquidas;
 - em 37,5% (116) há um registrador funcionando em conjunto com a seção de réguas;

Quanto às estações de coleta de sedimentos e qualidade das águas:

- há apenas 41 pontos de coleta de sedimentos (13,3% do total), valores bastante abaixo da recomendação do DNAEE/OMM, que estabelece 30% do número de estações fluviométricas para as regiões áridas e 15% para as não áridas, ou tropicais populosas;

- há 79 pontos de coleta de parâmetros de qualidade da água, perfazendo 25,6% do total de estações em operação, no entanto, em 37 destas estações não há o conhecimento da vazão afluente, portanto, os parâmetros são apenas indicativos nestas seções, o de prejudica a execução de análises mais subsidiadas;

Quanto às estações fluviométricas telemétricas:

- há apenas 37 (12,0% do total) estações fluviométricas com transmissor telemétrico, e desta forma, a densidade de cobertura por estação na bacia é baixíssima, 17.191 km² por estação;

Quanto a disponibilidade das informações no Banco de Dados:

- considerando o número total dados que constam no Banco de Dados do Hidro, obtém-se que, em média, as estações (operando e extintas) possuem 24 anos de dados e considerando apenas as em operação 30 anos de dados.

Quanto ao custo de modernização e ampliação:

- considerando as limitações atualmente existentes, a rede hidrometeorológica complementar proposta teve sua implantação dividida em seis anos conforme o cronograma proposto no quadro 59;
- o custo de implantação das estações tende a ser decrescente com a implantação da proposta, devido a redução dos quantitativos de estações instaladas e da redução do preço dos equipamentos automáticos e telemétricos;

Quadro 38. Cronograma consolidado de instalação e modernização das estações pluviométricas e fluviométricas na Bacia previstas no planejamento

<i>Sub-bacia</i>	<i>Horizonte de projeto</i>					
	<i>Ano 1</i>	<i>Ano 2</i>	<i>Ano 3</i>	<i>Ano 4</i>	<i>Ano 5</i>	<i>Ano 6</i>
<i>Percentual</i>	<i>30%</i>	<i>20%</i>	<i>20%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>
40	51	34	34	17	17	17
41	44	29	29	15	15	15
42	62	41	41	21	21	21
43	29	20	20	10	10	10
44	42	28	28	14	14	14
45	65	43	43	22	22	22
46	104	69	69	35	35	35
47	76	51	51	25	25	25
48	51	34	34	17	17	17
49	41	27	27	14	14	14
<i>Totais</i>	<i>565</i>	<i>377</i>	<i>377</i>	<i>188</i>	<i>188</i>	<i>188</i>

Quadro 39. Custo, em US\$, total de instalação e modernização da rede complementar

<i>Sub-bacia</i>	<i>Fluviométrica</i>	<i>Pluviométrica</i>	<i>Total</i>
40	245.580	175.690	421.270
41	290.530	132.440	422.970
42	26.130	138.510	164.640
43	44.070	77.420	121.490
44	51.000	81.650	132.650
45	172.050	255.910	427.960
46	111.060	252.040	363.100
47	103.190	184.280	287.470
48	65.950	88.420	154.370
49	60.490	104.940	165.430
Totais	1.170.050	1.491.300	2.661.350

- o custo de manutenção das estações, por outro lado, tende a ser crescente, em função do aumento do quantitativo de estações, da substituição de equipamentos e sensores devido a obsolescência, depreciação e danos de origens diversas;
- o aumento da densidade de pontos da rede tenderá a trazer uma redução no custo médio de operação de cada ponto devido a diluição dos custos fixos e variáveis da operação da rede hidrometeorológica;

7. RECOMENDAÇÕES

45. Recomendações de caráter geral:

- sugere-se que seja feito um **recadastramento**, por iniciativa da ANA, das **entidades** que são responsáveis por redes de monitoramento hidrológico no Brasil, e suas estações, sendo a Bacia do São Francisco prioritária nas ações;
- **revisão do inventário das entidades** responsáveis por redes, pois foram identificadas diversas entidades que encontram-se com suas atividades suspensas, como a SUDENE e outras que não estão cadastradas, como por exemplo, a SRH/BA e SRH/PE;
- sugere-se que seja feita uma **revisão** completa de todas as **informações cadastrais** das estações hidrometeorológicas da Bacia, pois foram detectadas falhas de todos os tipos nas informações e que o **inventário deve** ser mantido **permanentemente atualizado**, bem como os bancos de dados, fichas descritivas e relatórios fotográficos;
- a Agência deverá **realizar reuniões** com todos **responsáveis por redes** hidrometeorológicas na Bacia, de forma a consolidar os entendimentos mantidos e na consolidação de esforços de monitoramento;

- de forma a ampliar o apoio dos governos estaduais e municipais sugere-se que seja feita uma **campanha de esclarecimentos da importância da preservação dos cursos d'água** e a importância da hidrologia;
- devem ser implantadas ações no sentido de que o **planejamento e operação** de redes hidrometeorológicas seja feita **de maneira compartilhada** entre as diversas entidades que operam na bacia de forma a que sejam **reduzidos os custos** de operação;
- devem ser realizadas **ações para capacitar corpo técnico operacional** (engenheiros hidrometristas, técnicos e apoio em hidrometria);
- sugere-se que **adote como código do rio o mesmo da Otto-bacia equivalente**, pois conforme a resolução do CNRH que define a divisão de bacias a ser usada no Brasil é segue a metodologia desenvolvida pelo Prof. Otto Pfafstetter, assim o rio São Francisco assumiria apenas o código 74 ao invés de 40001000, 41001000 até 49001000;

Recomendações quanto a rede hidrometeorológica:

- **a densidade de estações deve ser ampliada** de modo que todas as sub-bacias **atendam** plenamente as **recomendações da OMM** quanto a densidade mínima de cobertura por estação hidrometeorológica (pluviométrica, climatológica e fluviométrica)
- as **especificações técnicas** dos equipamentos devem levar em **consideração as peculiaridades regionais**, como, por exemplo, temperatura máxima de trabalho;
- **estruturar** junto ao Escritório Técnico do Comitê/ANA e entidades atuantes na Bacia **um programa de disseminação e divulgação dos dados hidrometeorológicos** e de qualidade da água e sedimentos na Bacia;
- recomenda-se que seja **contratada equipe técnica** especializada para **realização do trabalho** de resgate, **consistência** e divulgação **das informações** que encontram-se parcialmente perdidas com a desestruturação da **SUDENE**;
- **devem ser instaladas** dentro da bacia e nas suas áreas limítrofes, em um prazo de até seis anos, **1.261 estações pluviométricas** respeitando a proposta no quadro 29:

Quadro 40. Distribuição proposta dos tipos de estações pluviométricas por sub-bacia

Sub-bacia	Tipo de estação						Total
	P	Pr	Pr(DL)	PrEC	PrECT	PrT	
40	31	34	15	3	3	7	93
41	41	20	20	4	1	5	91
42	79	19	55	4	0	2	159
43	23	9	34	3	0	1	70
44	40	9	42	3	0	0	94
45	39	9	114	3	3	4	172
46	71	9	159	5	0	1	245
47	72	5	82	5	1	2	167
48	43	13	37	2	1	0	96
49	31	19	17	3	2	2	74
Totais	432	156	524	30	9	19	1.261

- **devem ser instaladas** dentro da bacia e nas suas áreas limítrofes, em um prazo de até seis anos, **674 estações fluviométricas** respeitando a proposta no quadro 30:

Quadro 41. Distribuição proposta dos tipos de estações fluviométricas por sub-bacia

Sub-bacia	Tipo de estação						Total
	FD	FDSQ	FrD(DL)	FrDSQ	FrDSQT	FrDT	
40	41	13	22	26	5	4	111
41	26	17	9	6	12	1	71
42	32	7	5	4	0	0	48
43	10	6	8	3	1	0	28
44	18	4	10	14	0	0	46
45	7	9	18	3	5	3	45
46	34	13	45	7	0	1	100
47	33	13	25	14	0	2	87
48	20	28	16	11	0	0	75
49	20	21	16	5	0	1	63
Totais	241	131	174	93	23	12	674

- deve ser feita a implantação de **estação fluviométrica com medição de descarga líquida** nos pontos onde **é feita a coleta de parâmetros de qualidade da água** ou então, quando houver posto fluviométrico nas proximidades, fazer a transferência do ponto de coleta para o local do posto;
- sugere-se que sejam lançadas ações de **ampliação da atual rede de coleta de parâmetros de qualidade**, sendo que são **recomendáveis a instalação de estações a montante e a jusante** dos núcleos urbanos na Bacia;
- devem ser **ampliadas** as ações da rede de **coleta de parâmetros de qualidade da água e sedimentométricos** a montante e a jusante dos **principais reservatórios** da Bacia;

- **estabelecimento de canais que permitam o compartilhamento das informações** entre as entidades envolvidas no monitoramento hidrológico da Bacia;

Ampliação da rede telemétrica na Bacia;

- considerando as limitações atualmente existentes, a **rede hidrometeorológica complementar** proposta teve sua **implantação dividida em seis anos** conforme o cronograma proposto;
- o **custo de implantação das estações tende a ser decrescente** com a implantação da proposta, devido a redução dos quantitativos de estações instaladas e da redução do preço dos equipamentos automáticos e telemétricos;
- o **custo de manutenção** das estações, por outro lado, **tende a ser crescente**, em função do aumento do quantitativo de estações, da substituição de equipamentos e sensores devido a obsolescência, depreciação e danos de origens diversas;

Quadro 42. Custo, em US\$, total de instalação e modernização da rede complementar

<i>Sub-bacia</i>	<i>Fluviométrica</i>	<i>Pluviométrica</i>	<i>Total</i>
40	245.580	175.690	421.270
41	290.530	132.440	422.970
42	26.130	138.510	164.640
43	44.070	77.420	121.490
44	51.000	81.650	132.650
45	172.050	255.910	427.960
46	111.060	252.040	363.100
47	103.190	184.280	287.470
48	65.950	88.420	154.370
49	60.490	104.940	165.430
Totais	1.170.050	1.491.300	2.661.350

DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO E DE SUA ZONA COSTEIRA

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO E DE SUAS SUB-BACIAS	7
1.1. Caracterização fisiográfica da Bacia	7
1.1.1. Dados básicos para a caracterização geral da BSF	7
1.1.2. Divisão por grandes regiões	9
1.1.3. Sub-bacias hidrográficas do DNAEE	12
1.1.4. Sub-bacias hidrográficas pela metodologia do Prof. Otto Pfafstetter	13
1.2. Clima	16
1.3. Geomorfologia	20
1.4. Vegetação	22
1.5. Solos	22
1.6. Recursos hídricos	22
1.7. Aspectos sócio-econômicos e culturais	25
1.7.1. Aspectos Econômicos	25
1.7.2. Características sócio-culturais	26
1.7.3. Ações antrópicas na BSF	28
1.8. Usos dos recursos hídricos	30
2. SITUAÇÃO ATUAL DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NA BSF	33
2.1. Quanto ao levantamento	33
2.2. Quanto ao diagnóstico	34
2.3. Quanto ao planejamento	36
3. DIAGNÓSTICO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA	36
3.1. Identificação das entidades responsáveis e estações da rede hidrometeorológica na área da BSF	36
3.2. Distribuição das estações por a Unidade Federativa	41
3.3. Identificação das estações pluviométricas	43
3.4. Identificação das estações fluviométricas	47
3.5. Comunicação com as demais entidades no intuito de obter as informações necessárias ao diagnóstico	50
3.6. Verificação e consistência das informações cadastrais das estações	56
3.6.1. Observações quanto às responsáveis	56
3.6.2. Quanto às estações pluviométricas	57
3.6.3. Quanto às estações fluviométricas	58
3.7. Análise quantitativa da rede atual	59
3.7.1. Análise global da rede pluviométrica	59
3.7.2. Análise da rede pluviométrica da ANA	61
3.7.3. Representação espacial das informações levantadas	62

3.7.4.	Análise global da rede fluviométrica	78
3.7.5.	Análise da rede fluviométrica da ANA	80
3.7.6.	Representação espacial das informações levantadas	82
3.8.	Análise qualitativa da rede atual	97
4.	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA ATUAL REDE	102
4.1.	Quanto a locação atual das estações	102
4.2.	Quanto a localização das estações:	103
4.3.	Quanto às estações telemétricas	110
5.	DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO	111
5.1.	O planejamento da rede hidrometeorológica	111
5.2.	Parâmetros de projeto	112
5.2.1.	Aplicados as estações pluviométricas	112
5.2.2.	Aplicados as estações evaporimétricas	113
5.2.3.	Aplicados as estações fluviométricas	113
5.2.4.	Quanto aos equipamentos automáticos	113
5.3.	Considerações a respeito das recomendações da OMM/DNAEE	114
6.	PLANEJAMENTO DA REDE COMPLEMENTAR	115
6.1.	Introdução	115
6.2.	Tipos de estações sugeridas para a rede complementar	116
6.3.	Regiões prioritárias para as ações de ampliação da rede hidrometeorológica	117
6.3.1.	Enchentes e áreas inundáveis	117
6.3.2.	Rede telemétrica de alerta contra enchentes	117
6.3.3.	Estiagens	118
6.3.4.	Rede de estações automáticas (data-logger e telemétricas)	118
6.3.5.	Distribuição das estações dentro das UF's	119
6.3.6.	Estrutura da rede hidrometeorológica na BSF	119
6.3.7.	Custos de ampliação e modernização da rede hidrometeorológica na Bacia	122
7.	CONCLUSÕES	128
7.1.	Sobre o Inventário	128
7.2.	Sobre a Rede Hidrometeorológica na Bacia	129
7.3.	Sobre o planejamento	133
7.4.	Sobre a Rede Complementar proposta	133
8.	RECOMENDAÇÕES	137
9.	ATORES DO SUBPROJETO	143
9.1.	Equipe do Sub-projeto	143
9.2.	Pessoas que forneceram informações de relevância ao Sub-projeto	143
9.3.	Instituições que fazem ou que potencialmente fazem monitoramento, hidrológico na Bacia	146
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156

ANEXOS

- 1. PROPOSTA DE ESTAÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS A SEREM MODERNIZADAS E INSTALADAS**
- 2. DADOS SÓCIO ECONÔMICOS GERAIS**
- 3. CRITÉRIOS SUGERIDOS PELA ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL – OMM PARA IMPLANTAÇÃO DE REDE DE MONITORAMENTO**
- 4. TERMOS DE REFERÊNCIA PARA REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL**
- 5. PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 2, DE 29 DE MAIO DE 2001**
- 6. RESOLUÇÃO ANA Nº 09, DE 17 DE ABRIL DE 2001 - REGIMENTO INTERNO**
- 7. PLANO DE TRABALHO 2003 – ANA**
- 8. PROPOSTA PARA A REDE DE MONITORAMENTO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**
- 9. FICHA DE INSPEÇÃO PARA NOVO LOCAL DE POSTO PLUVIO-FLUVIOMÉTRICO**
- 10. A EVOLUÇÃO DA HIDROMETRIA NO BRASIL**
- 11. PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**
- 12. INSTRUÇÕES PARA LEITURA E IMPRESSÃO DOS DOCUMENTOS**

LISTA DE FIGURAS

1. Área da BSF dentro de cada um dos estados que a compõem 7
2. Unidades da Federação que fazem parte da BSF 8
3. Sub-divisão por regiões da BSF 9
4. Subdivisão da BSF - Alto São Francisco 10
5. Subdivisão da BSF - Médio São Francisco 10
6. Subdivisão da BSF – Sub-médio São Francisco 11
7. Subdivisão da BSF - Baixo São Francisco 12
8. Sub-bacias da BSF conforme a divisão por regiões da Bacia e a do DNAEE 13
9. Representação das Regiões hidrográficas 15
10. Nível 2 de codificação das bacias e regiões hidrográficas 16
11. Representação da Ottobacias no nível IV na bacia do rio São Francisco 17
12. Temperatura máxima anual na BSF (Período: 1931/1990)(em Graus Celsius) 18
13. Temperatura média anual na BSF (Período: 1931/1990) (em Graus Celsius) 18
14. Temperatura mínima anual na BSF (Período: 1931/1990) (em Graus Celsius) 18
15. Índices pluviométricos na BSF (Período 1986 / 1999) 19
16. Altimetria da BSF 21
17. Rio São Francisco e seus principais afluentes 25
18. Mapa ilustrativo das ações antrópicas na BSF 29
19. Distribuição das demandas de água na BSF 30
20. Distribuição das demandas (em m³/s) na BSF 30
21. Demandas de recursos hídricos (em m³/s) na BSF 31
22. Potência Instalada na BSF 32

23. Distribuição das estações pluviométricas por entidade, Setembro de 2002	40
24. Distribuição das estações fluviométricas por entidade, Setembro de 2002	41
25. Distribuição quantitativa das estações pluviométricas dentro das UF's e condição de operação	42
26. Distribuição quantitativa das estações fluviométricas dentro das UF's e condição de operação	43
27. Distribuição de estações pluviométricas de acordo com a condição de operação	45
28. Distribuição quantitativa dos tipos de informações coletadas nas estações pluviométricas na BSF (Primeira Parte)	46
29. Distribuição quantitativa dos tipos de informações coletadas nas estações pluviométricas na BSF (Segunda Parte)	46
30. Distribuição de estações fluviométricas conforme condição de operação	49
31. Distribuição quantitativa dos tipos de informações coletadas nas estações fluviométricas na BSF (primeira parte)	49
32. Distribuição quantitativa dos tipos de informações coletadas nas estações fluviométricas na BSF (segunda parte)	49
33. Participação das responsáveis sobre o total de estações na BSF, em setembro de 2002	56
34. Participação das responsáveis sobre o total de estações operado na BSF em setembro de 2002	56
35. Distribuição percentual de estações pluviométricas por entidade operadora	57
36. Distribuição percentual de estações pluviométricas em funcionamento por responsável em setembro de 2002	57
37. Distribuição percentual de estações fluviométricas por entidade operadora	58
38. Distribuição de estações fluviométricas, em operação de acordo com a entidade responsável	58
39. Comparativo entre a densidade de cobertura e o total de estações em operação por sub-bacia, de acordo com a recomendação da OMM	60
40. Comparativo: Densidade de cobertura e o total de estações em operação da ANA, por Sub-bacia, de acordo com a recomendação da OMM	62
41. Área da sub-bacia (em km ²) pelo total de estações pluviométricas na sub-Bacia, na BSF	63
42. Área da sub-bacia (em km ²) pelo total de estações pluviométricas em operação, sob responsabilidade da ANA e demais entidades nas sub-bacias, na BSF	64
43. Área da sub-bacia (em km ²) pelo total de estações pluviométricas em operação, sob responsabilidade da ANA na sub-bacia, na BSF	65
44. Quantitativo de estações pluviométricas nas sub-bacias, na BSF (Operando e Extintas) da ANA e demais entidades	67
45. Quantitativo de estações pluviométricas em operação nas sub-bacias, na BSF da ANA e demais entidades	68
46. Quantitativo de estações pluviométricas operando sob responsabilidade da ANA nas sub-bacias, na BSF	69
47. Número total de dados pluviométricos mensais gerados pelas estações nas sub-bacias da BSF	71
48. Número total de dados pluviométricos mensais gerados pelas estações em operação nas sub-bacias da BSF	72
49. Número de estações pluviométricas com séries de dados nas sub-bacias da BSF	73

50. Número de estações pluviométricas operando com séries de dados nas sub-bacias da BSF	74
51. Estações pluviométricas operando sob responsabilidade da ANA e demais entidades nas Sub-Bacias da BSF e a cobertura espacial estimada	75
52. Estações pluviométricas operando sob responsabilidade da ANA nas Sub-Bacias da BSF e a cobertura espacial estimada.	76
53. Áreas identificadas na BSF em que serão priorizadas as ações necessárias a ampliação das redes pluviométricas.	77
54. Comparativo entre a densidade de cobertura e o total de estações em operação por Sub-Bacia, de acordo com a recomendação da OMM	79
55. Comparativo: Densidade de cobertura e total de estações em operação da ANA por sub-Bacia, de acordo com a recomendação da OMM	81
56. Área da sub-bacia (em km ²) pelo total de estações fluviométricas na sub-bacia, na BSF	83
57. Área da sub-bacia (em km ²) pelo total de estações fluviométricas em operação, da ANA e demais entidades na sub-bacia, na BSF	84
58. Área da Sub-bacia (em km ²) pelo total de estações fluviométricas em operação, sob responsabilidade da ANA na sub-Bacia, na BSF	85
59. Quantitativo de estações fluviométricas nas sub-Bacias, na BSF (Operando e Extintas) da ANA e demais entidades	86
60. Quantitativo de estações fluviométricas em operação nas sub-bacias, na BSF da ANA e demais entidades	87
61. Quantitativo de estações fluviométricas operando sob responsabilidade da ANA nas sub-Bacias, na BSF	88
62. Número total de dados fluviométricos mensais gerados pelas estações nas sub-Bacias da BSF	90
63. Número total de dados fluviométricos mensais gerados pelas estações em operação nas sub-Bacias da BSF	91
64. Estações fluviométricas com séries de dados nas sub-Bacias da BSF	92
65. Número de estações fluviométricas operando com séries de dados nas sub-Bacias da BSF	93
66. Relação do quantitativo de estações fluviométricas operando, sob responsabilidade da ANA, com área de drenagem inferior a 500 km ² pelo total de estações da sub-bacia, na BSF	95
67. Relação do quantitativo de estações fluviométricas operando, sob responsabilidade da ANA e demais entidades, com área de drenagem inferior a 500 km ² pelo total de estações da sub-bacia, na BSF	96
68. Distribuição dos tipos de estações pluviométricas em operação por Sub-Bacia	98
69. Distribuição dos tipos de estações pluviométricas em operação por individualizados por sub-bacia	99
70. Distribuição dos tipos de estações fluviométricas em operação por Sub-Bacia	100
71. Distribuição dos tipos de estações fluviométricas em operação individualizados por Sub-Bacia	101
72. Detalhe da Bacia Experimental da Juatuba	102
73. Distribuição percentual das estações pluviométricas pelos estados da Bacia	129
74. Distribuição percentual das estações fluviométricas pelos estados da Bacia	130
75. Distribuição percentual dos instrumentos nas estações pluviométricas	130

76. Comparativo entre a densidade de cobertura e o total de estações pluviométricas em operação por sub-bacia, de acordo com a recomendação da OMM	131
77. Comparativo entre a densidade de cobertura e o total de estações em operação por Sub-Bacia, de acordo com a recomendação da OMM	133

LISTA DE FOTOS

1. Exemplo de uma estação pluviométrica do tipo PrEC, Alto da Boa Vista (Mateus Leme/MG) Código ANA: 02044021	47
2. Exemplo de uma estação fluviométrica do tipo FrDSQT, Rio Urucuia em Arinos-Montante (Arinos/MG) Código ANA: 43429998	50
3. Detalhe da locação inadequada de uma estação, na murada da ponte, facilitando o vandalismo (Rio Cova da Mandioca a montante do reservatório de Estreito)	104
4. Exemplo de um detalhe de uma estação que sofreu vandalismo (arrombamento, furto da bateria e do regulador de carga), em virtude da locação inadequada, na murada da ponte, conforme a Foto 3	105
5. Estação semelhante em perfeito funcionamento, com todos seus componentes internos (módulo do data-logger, bateria e o regulador de carga)	105
6. Outro exemplo de estação danificada (Colônia do Jaíba - PCD INMET/INPE)	106
7. Exemplo de instalação inadequada de um linígrafo (Rio Verde Pequeno a montante do reservatório de Estreito)	106
8. Erosão solapando o RN e a seção de régua	107
9. RN indicado incorretamente	107
10. Seções de régua distantes da margem dificultando a leitura dos mesmos	107
11. Seção de régua sendo usada como ponto de atracação de barcos	108
12. Lance de régua sendo usada como trampolim	108
13. RN totalmente ilegível	109
14. Obstrução ao pluviômetro	109
15. Duas estações pluviométricas operando no mesmo ponto (Primeiro plano – COPASA, segundo plano – ANA)	109
16. Abrigo do rádio na estação de Rio São Francisco em Manga	110
17. Detalhe do rádio da estação de Rio São Francisco em Manga	110

LISTA DE QUADROS

1. Principais Cidades	8
2. Percentuais de referentes à população urbana e rural, e taxa de urbanização	9
3. Principais afluentes perenes do rio São Francisco	23
4. Outros afluentes importantes do Rio São Francisco	23
5. Produto interno bruto do Brasil a preço de mercado corrente, por Unidades da Federação - 1996-1999 em milhão de dólares americanos	26
6. Produto Interno Bruto per capita do Brasil, por Unidades de Federação – 1996-1999 em dólares americanos	26
7. População por sexo, segundo as Unidades da Federação	27
8. População residente, por situação do domicílio, segundo as UF	27
9. População residente de 10 anos ou mais de idade, total, alfabetizada e taxa de alfabetização, segundo as Unidades da Federação	28

10. Situação do potencial hidrelétrico instalado e em instalação na BSF:	32
11. Principais empreendedores em geração elétrica na BSF	32
12. Entidades responsáveis por redes na área de estudo	37
13. Distribuição das estações pluviométricas por entidade, setembro de 2002	39
14. Distribuição das estações fluviométricas por entidade, Setembro de 2002	40
15. Distribuição quantitativa dentro das UF's e condição de operação	41
16. Distribuição quantitativa dos tipos de estações pluviométricas	43
17. Distribuição quantitativa dos tipos de estações fluviométricas	48
18. Estações pluviométricas por sub-bacia, em setembro de 2002	59
19. Quantitativo: Estações pluviométricas em operação por sub-bacia, em setembro de 2002	60
20. Relação entre a área de cobertura por estação pluviométrica	60
21. Quantitativo: estações pluviométricas da ANA em setembro de 2002	61
22. Quantitativo: estações pluviométricas da ANA em operação por sub-bacia em setembro de 2002	61
23. Relação entre a área de cobertura por estação pluviométrica	62
24. Área de cobertura por posto pluviométrico, de acordo com a entidade e a condição de operação	66
25. Total de estações pluviométricas, de acordo com a entidade e a condição de operação	66
26. Número total de dados pluviométricos mensais de acordo com a condição de operação	70
27. Número total de estações pluviométricas com dados na base de informações do Hidro, acordo com a condição de operação	70
28. Quantitativos de estações fluviométricas por sub-bacia	78
29. Relação entre a área de cobertura por estação fluviométrica	78
30. Quantitativos de estações fluviométricas em operação por sub-bacia	79
31. Estações fluviométricas da ANA por sub-bacia, em setembro de 2002	80
32. Quantitativos de estações fluviométricas em operação por sub-bacia	81
33. Relação entre a área de cobertura por estação fluviométrica	81
34. Área de cobertura por posto fluviométrico, conforme a entidade e a condição de operação	82
35. Total de estações fluviométricas, de acordo com a entidade e a condição de operação, em setembro de 2002	89
36. Total de dados fluviométricos mensais de acordo com a condição de operação	89
37. Total de estações fluviométricas com dados na base de informações do Hidro, acordo com a condição de operação	89
38. Relação percentual (%) entre a Área de Drenagem AD < 500 km ² e o total de estações nas sub-bacias da BSF	94
39. Total de estações fluviométricas com área de drenagem inferior a 500 km ²	94
40. Quadro comparativo de informações de estações pluviométricas:	97
41. Quadro comparativo de informações de estações fluviométricas:	97
42. Distribuição quantitativa dentro das UF's e condição de operação	119
43. Cronograma de implantação das estações prevista no planejamento	120
44. Rede Pluviométrica	121
45. Rede Climatológica	121
46. Rede Fluviométrica	121

47. Distribuição proposta das estações pluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia	123
48. Cronograma sugerido de instalação e modernização das estações pluviométricas previstas no planejamento	123
49. Custo de instalação estimado (em US\$) das estações pluviométricas conforme o planejamento	124
50. Custo anual, em US\$, de manutenção das estações pluviométricas após a implantação integral da proposta, a partir dos custos de operação praticados pela ANA	124
51. Distribuição proposta das estações fluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia	125
52. Cronograma sugerido de instalação e modernização das estações fluviométricas previstas no planejamento	125
53. Custo de instalação, em US\$, das estações fluviométricas conforme o planejamento	126
54. Custo anual, em US\$, de manutenção das estações fluviométricas após a implantação total da proposta conforme os custos praticados pela ANA	126
55. Custo, em US\$, total de instalação e modernização da rede complementar proposta	127
56. Custo total em US\$, anual de operação da rede complementar proposta	127
57. Relação entre a área de cobertura por estação pluviométrica	130
58. Relação entre a área de cobertura por estação fluviométrica	132
59. Cronograma consolidado de instalação e modernização das estações pluviométricas e fluviométricas na Bacia previstas no planejamento	134
60. Distribuição proposta das estações pluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia	134
61. Distribuição proposta de modernização e instalação das estações fluviométricas na Bacia	135
62. Custo, em US\$, total de instalação e modernização da rede complementar	135
63. Custo total em US\$, anual de operação da rede complementar proposta	136
64. Proposição da distribuição de estações pluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia	142
65. Proposição da distribuição de estações fluviométricas a serem instaladas ou modernizadas na Bacia	142

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADEMA/SE	Administração Estadual do Meio Ambiente/SE
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BSF	Bacia hidrográfica do rio São Francisco
CAESB	Companhia de Saneamento de Brasília
CASAL	Companhia de Abastecimento D'Água e Saneamento do Estado de Alagoas
CEAL	Companhia Energética de Alagoas
CEMIG	Cia Energia de Minas Gerais

CERB	Cia de Engenharia Rural da Bahia
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF	Cia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba
COELBA	Companhia de Eletricidade da Bahia
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
COPASA	Cia de Saneamento de Minas Gerais
CPRH	Companhia Pernambucana do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRA/BA	Centro de Recursos Ambientais
DAEE/MG	Departamento de Águas e Energia Elétrica de Minas Gerais
DEPV	Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo – Ministério da Aeronáutica
DHM	Diretoria de Hidrometeorologia de Alagoas
DLFMA/DF	Diretoria de Licenciamento Fiscalização e Monitoramento Ambiental/DF
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
EBDA	Empresa Bahiana de Desenvolvimento Agrícola
EMATER	Empresa Estadual de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBASA	Empresa Baiana de Saneamento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENERGIPE	Empresa Energética de Sergipe S.A.
ETA	Estação de Tratamento de Água
FASE	Fomento Agrícola de Sergipe
FEAM/MG	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
FURNAS	Furnas Centrais Elétricas S.A.
GEHITE	Gerência de Hidrologia
GO	Goiás
GTIB	Grupo de Trabalho de Informações Básicas para o Planejamento da Expansão da Geração
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEF/MG	Instituto Estadual de Florestas/MG
IGAM/MG	Instituto Mineiro de Gestão das Águas/MG
IMA/AL	Instituto do Meio Ambiente/AL
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LMRS/PB	Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba
MMV	Mineração Morro Velho S.A.
OEA	Organização dos Estados Americanos
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RBI	Rede Básica Ideal

RBM	Rede Básica Mínima
RBMP	Rede Básica Mínima Prioritária
RES. 396/98	Estações da Resolução ANEEL 396/98
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S.A
SEAGRI	Secretaria de Agricultura da Bahia
SEMAD/MG	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/MG
SEMARH/DF	Secretaria de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos / DF
SEMARH/GO	Secretaria do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Habitação/GO
SEMARH/PB	Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba
SF	São Francisco
SFG	Superintendência de Fiscalização da Geração / ANEEL
SIH/ANEEL	Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas / ANEEL
SIH/ANA	Superintendência de Informações Hidrológicas / ANA
SMS	Short Message Service
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SRH/BA	Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia
SRH/PE	Secretaria de Recursos Hídricos/PE
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUREG	Superintendência Regional (CPRM)
USGS	United States Geological Survey
USIBA	Usina Siderúrgica da Bahia