

4. Monitoramento das Águas

4.1. Considerações Iniciais e Caracterização Geral da Atual Rede de Monitoramento Hidrológico, Meteorológico, Hidrogeológico e de Qualidade de Água em Minas Gerais, com a Indicação de Lacunas e Complementações Necessárias

Ao se iniciar o projeto de uma rede é importante observar algumas questões, como quais os parâmetros de qualidade são importantes para caracterizar a área em estudo, se o laboratório no qual as análises serão feitas tem capacidade para executá-las, qual a periodicidade de coleta das amostras para uma boa representatividade dos parâmetros e a duração do período de amostragem (Ward et al., 1990).

De pronto, cabe salientar a importância do monitoramento integrado de recursos hídricos, tanto no tange às relações entre quantidade e qualidade, quanto entre águas superficiais e subterrâneas. Sob tal abordagem, o presente capítulo tem o objetivo de analisar a rede de monitoramento existente no Estado de Minas Gerais, com vistas a identificar frentes de avanços, aprimoramentos e complementações, em particular, sob uma perspectiva estratégica que abranja o conjunto do território mineiro e suas relações macrorregionais, sem restrições a pontos voltados a aspectos específicos das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – as UPGRHs.

Assim, uma rede de monitoramento, com objetivo de apoiar o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, deve permitir alimentar o sistema de informações de modo a atender a diversos requisitos, tais como o número e a localização adequada dos pontos de controle quanti-qualitativos, suficientes para atender as condições de cada bacia hidrográfica e de aquíferos, a frequência adequada de medição fluviométrica, de amostragens e análise de parâmetros de qualidade da água efetivamente representativos para a área de intervenção, tanto para as águas superficiais, quanto para águas subterrâneas, dentre outros fatores demandados para a gestão de recursos hídricos.

A respeito, cabe reconhecer que os fatores intervenientes para o projeto de uma rede de monitoramento são os mais diversos, o que justifica a inexistência de regras pré-determinadas. No entanto, de maneira geral, inicia-se com o monitoramento das vazões que variam sazonalmente, dos níveis de mananciais subterrâneos, até avançar na identificação de parâmetros indicadores da qualidade da água a serem monitorados. Parte-se, então, para a definição dos locais de amostragem e da frequência de coletas de dados e amostras. Uma boa revisão bibliográfica sobre técnicas de projeto de rede de monitoramento pode ser encontrada em Soares (2001).

No Estado de Minas Gerais, em se tratando de Rede de Monitoramento de Qualidade de Água, no presente, o IGAM define a chamada "Rede Básica", composta por 373 estações de qualidade da água em operação (base 2009). Em acréscimo, há o que se chama de "Redes Dirigidas", que são microlocalizadas e se referem a temas específicos, como

agrotóxicos, mineração e saneamento, dentre outras atividades que impactam os recursos hídricos.

No que tange à operação e à divulgação de dados, hoje são disponibilizados mapas e relatórios trimestrais e anuais no *site* do IGAM, os quais são divulgados em reunião do CERH e, anualmente é lançado o mapa de qualidade da água acompanhado do relatório executivo também em reunião do CERH que acontece durante a semana da água. Além disso, todos os dados, relatórios e mapas gerados são divulgados em reuniões de comitês, em eventos científicos e em universidades. Ademais, o IGAM mantém uma parceria com o CETEC/UFMG, voltada a pesquisa e desenvolvimento tecnológico e avanço na qualidade de equipamentos e técnicas, como sondas e medidores.

Já no que se refere ao desenvolvimento de sistema para integração das informações do monitoramento da qualidade da água, no âmbito do Projeto Estruturador Meta 2010, há um estudo piloto de um sistema para integração das informações do monitoramento da qualidade da água coletadas em estações do rio das Velhas, incluindo entidades como a COPASA, Projeto Manuelzão, CEMIG, ANA e outras.

Com a publicação do Decreto nº 45.395, em 11 de junho de 2010, passou a integrar a estrutura orgânica do IGAM o Centro de Referência em Tecnologias de Qualidade de Água (TERAGUA), que tem por finalidade realizar pesquisas para o desenvolvimento tecnológico na área de monitoramento de qualidade de água, em atendimento às demandas provenientes dos órgãos executores e propositores de políticas públicas relacionadas aos recursos hídricos, tendo como uma de suas competências apoiar a implantação e qualificação de laboratórios regionais de monitoramento de qualidade de água.

Atualmente, é o CETEC, exclusivamente, que coleta e analisa as amostras de água em todo o Estado emitindo certificados.

As seguintes redes dirigidas foram implementadas com os propósitos que seguem:

- 1) Alto Velhas: monitorar impactos da mineração sobre as águas de abastecimento da RMBH;
- 2) Meta 2010: verificar a efetividade das ações de revitalização na Bacia do Rio das Velhas;
- 3) Bacia da Pampulha: auxiliar na proposta de reenquadramento;
- 4) Bacia do Rio Paracatu: auxiliar na proposta de enquadramento;
- 5) Bacia do Rio Verde Grande, Riachão e Jequitai: monitorar as águas superficiais e subterrâneas. avaliar o impacto das atividades agrícolas; e,
- 6) Bacia do Rio das Velhas: avaliar o resultado das ações de saneamento

Além destas, estão sendo implementadas, a partir de 2010/2011:

- 1) a rede de monitoramento quantitativo e de qualidade de água na bacia do Rio São Francisco, em parceria com a ANA;
- 2) aperfeiçoamento da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais e de sedimentos da bacia do Alto São Francisco, em parceria com a CODEVASF;
- 3) modernização do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Riachão e Jequitai, em parceria com a CODEVASF;
- 4) estruturação da rede de monitoramento das águas subterrâneas na bacia do Rio das Velhas, em parceria com a CODEVASF; e,
- 5) instalação e operação de um Sistema de Alerta de eventos críticos no Alto Curso do Rio das Velhas, novamente em parceria com a CODEVASF.

Em acréscimo, no que se refere à rede de Monitoramento Meteorológico, o IGAM tem 21 estações automáticas telemétricas. São chamadas de plataformas de coleta de dados (PCDs). Este tipo de estação obtém os dados automaticamente e os envia telemetricamente, via satélite ou via telefonia celular. A divulgação das informações é feita em uma página da Web, através de mapas diários, mensais, trimestrais, por período seco e chuvoso e, também, por ano. Os dados numéricos também estão disponíveis mediante solicitação. Além da rede pertencente ao IGAM, existem no estado outras redes desse tipo, pertencentes à CEMIG, ANA, INMET e CPRM.

As redes citadas estão mapeadas a seguir (*Mapas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4*).










Mapa 4.1 – Rede Básica de Monitoramento de Qualidade de Água

MAPA
4.1
REDE BÁSICA DE
MONITORAMENTO
DE QUALIDADE DE ÁGUA

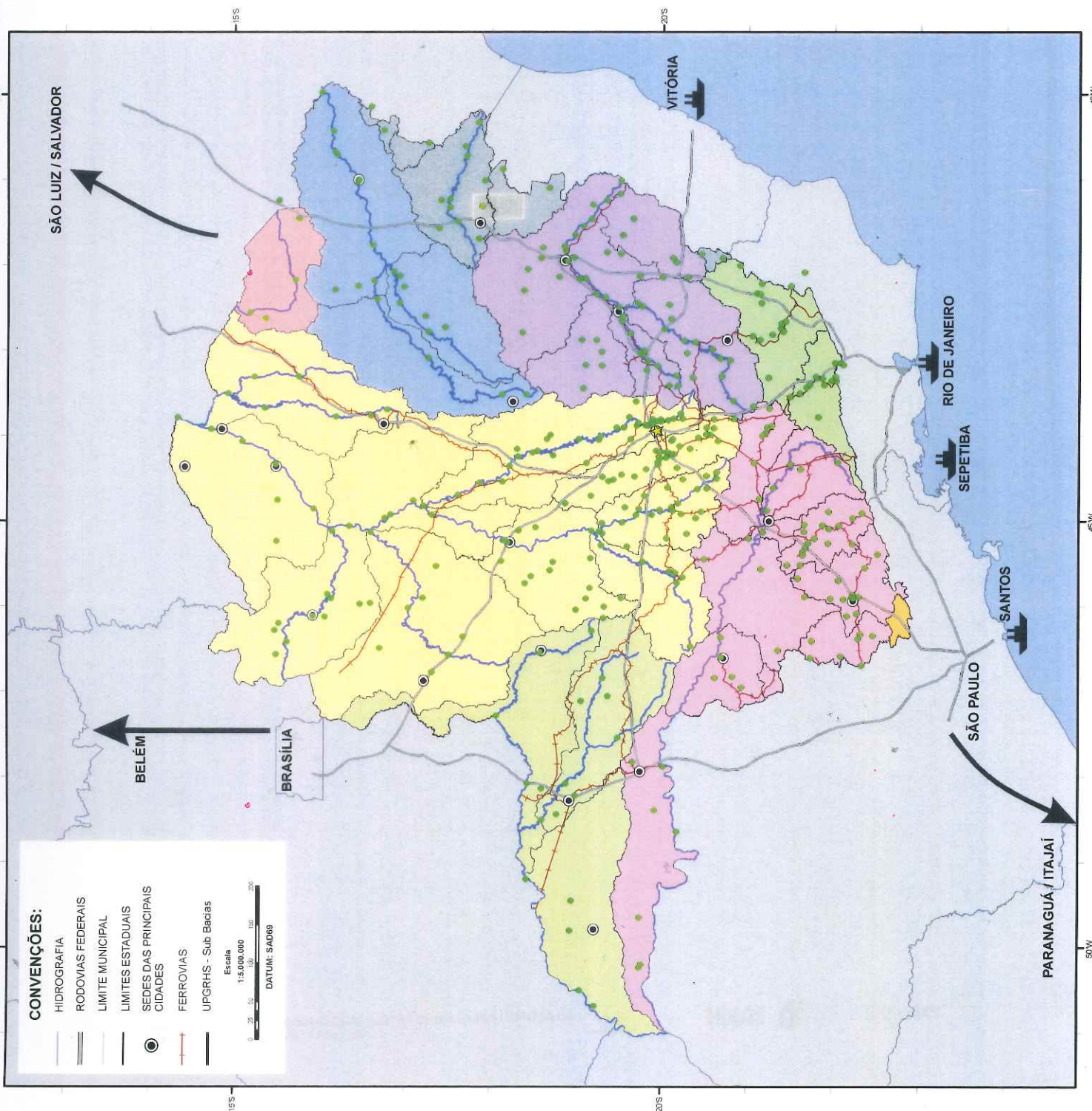
Legenda

● Estações da Rede Básica de Monitoramento

Bacias Hidrográficas

-  Rio Doce
-  Rio Grande
-  Rio São Francisco
-  Rio Jequitinhonha
-  Rio Pardo
-  Rio Piracicaba/Jaguari
-  Rio Paranaiaba
-  Rio Paraíba do Sul
-  Bacias do Leste

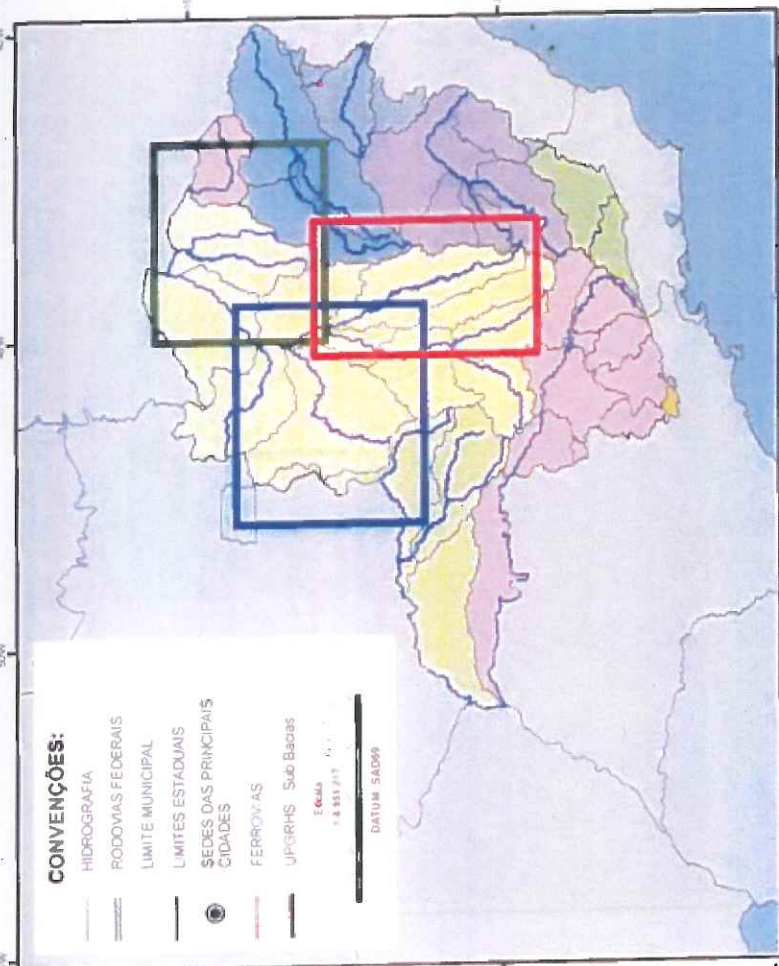
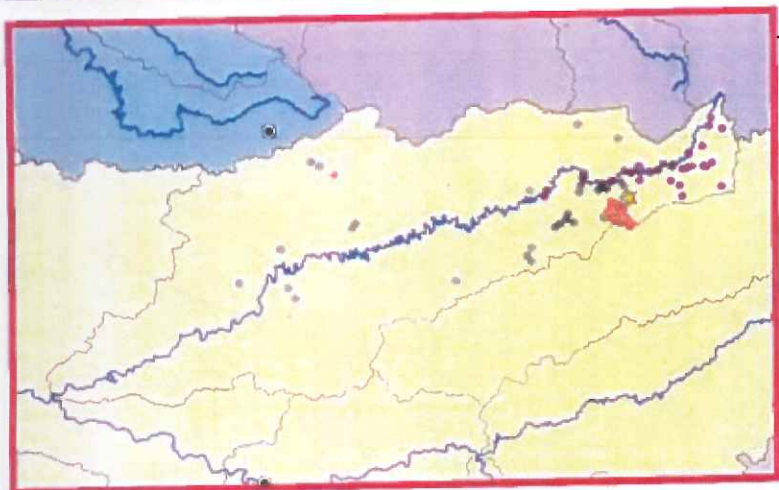
Fonte: Elaboração Própria
Data: Fevereiro de 2010
Rev. Final



Mapa 4.2 – Rede Dirigida de Monitoramento de Qualidade de Água em Operação

Mapa 4.3 – Rede Dirigida de Monitoramento de Qualidade de Água Inativa

MAPA
4.2



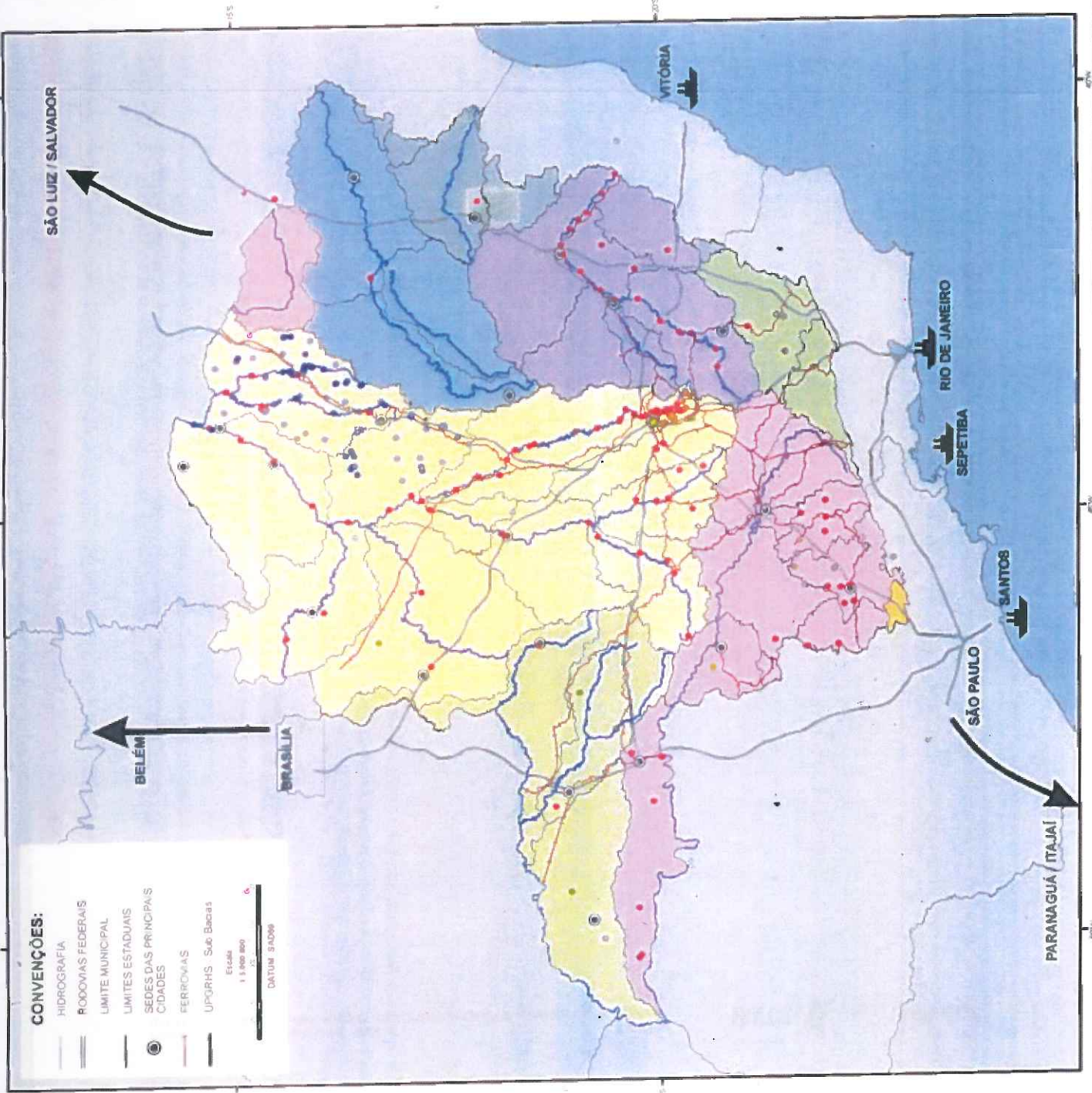
Legenda

- Alto Velhas Impactos de Mineração
- Meia 2010 Monitorar Rio das Velhas
- Pampulha Proposta de Reenquadramento
- Paracatu Enquadramento do Rio Paracatu
- Jaíba Águas Superficiais e Subterrâneas (Agrotóxicos)
- Saneamento Esgoto e Resíduos Sólidos

Bacias Hidrográficas

- Rio Doce
- Rio Grande
- Rio São Francisco
- Rio equitronômico
- Rio Pardo
- Rio Piracaba/Jaguari
- Rio Paranaíba
- Rio Paraíba do Sul
- Bacias do Leste





CONVENÇÕES:

- HIDROGRAFIA
- RODOVIAS FEDERAIS
- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITES ESTADUAIS
- SEDES DAS PRINCIPAIS CIDADES
- FERROVIAS
- UPOURHS: Sub-Bacias

Escala: 1:3.000.000
DATUM: SAO99

Legenda

Redes Inativas

- Cianobactérias
- Plataformas de Controle de Dados (PCD - IGAM)
- Agrotóxicos
- COD: VAS: - Rede Subterrânea
- CODEVASF - Rede Superficial
- Programa Nacional do Meio Ambiente II (PNMA II)

Bacias Hidrográficas

- Rio Doce
- Rio Grande
- Rio São Francisco
- Rio Jequitinhonha
- Rio Paro
- Rio Piracicaba/Jaguari
- Rio Paraíba
- Rio Paraíba do Sul
- Bacias do Leste










Fonte: Elaboração Própria
Data: Fevereiro de 2010
Rev. Final

Mapa 4.4 – Rede Telemétrica de Monitoramento Meteorológico

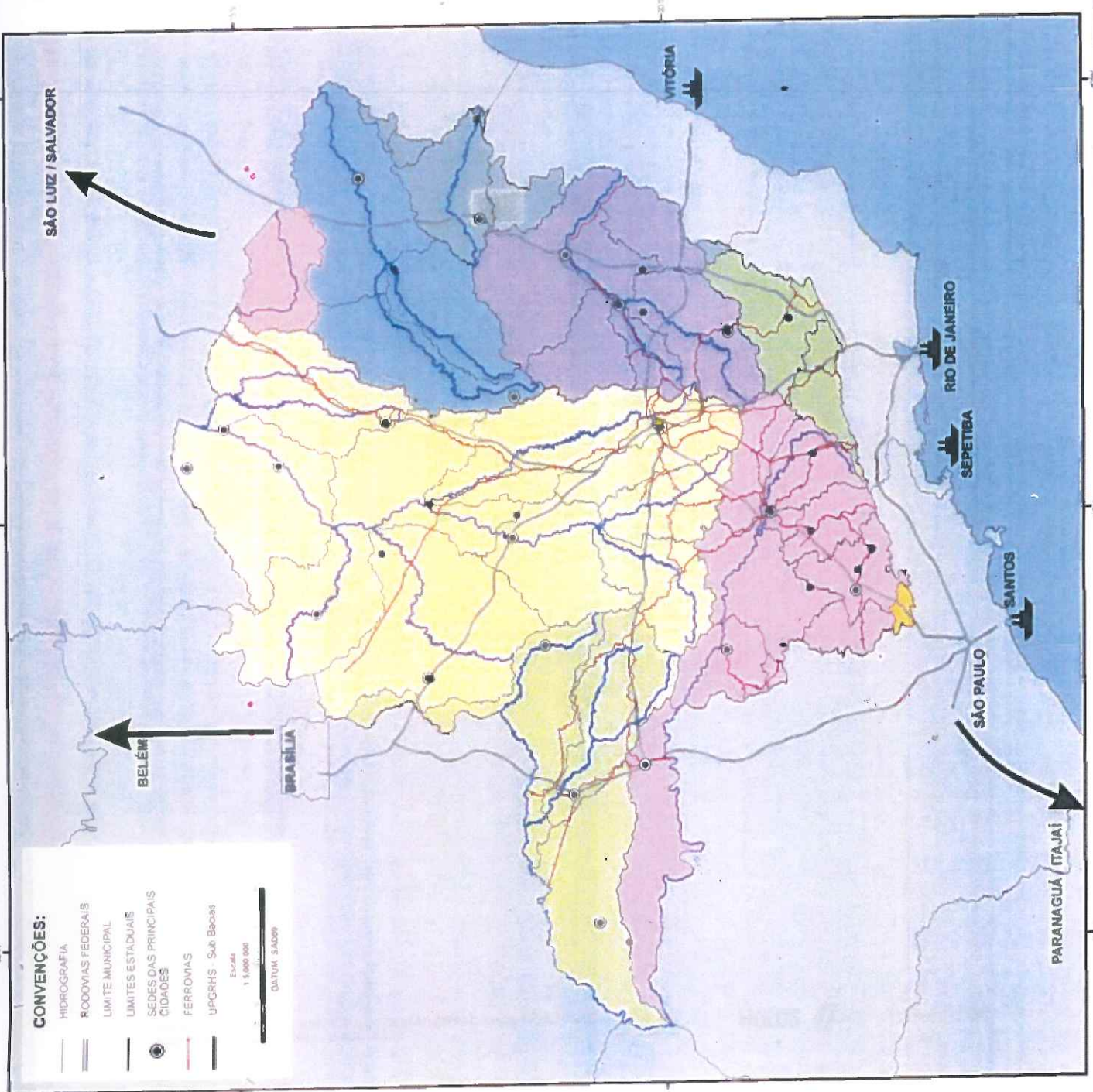
Legenda

• Rede Telemétrica de Monitoramento Meteorológico

Bacias Hidrográficas

-  Rio Doce
-  Rio Grande
-  Rio São Francisco
-  Rio Jequitinhonha
-  Rio Pardo
-  Rio Piracicaba/Jaguari
-  Rio Paranaíba
-  Rio Paraíba do Sul
-  Bacias do Leste

Fonte: Elaboração Própria
Data: Fevereiro de 2010
Rev. Final



A Rede Básica de Monitoramento de Fluviometria, segundo o banco de dados *Hidroweb* da ANA, conta hoje com 817 postos, operados pelos seguintes órgãos: CEMIG, CPRM e IGAM. Outras - operadoras, principalmente privadas, mantêm postos fluviométricos para monitoramento dirigido, e contam com aproximadamente 187 postos. Também fazem parte da Rede de Monitoramento 743 postos desativados.

Já a Rede Básica de Monitoramento de Pluviometria conta hoje com 968 postos, operados pelos seguintes órgãos: CEMIG, COPASA, CPRM, IGAM e INMET. A Rede de Monitoramento é composta também por 130 postos focados no monitoramento dirigido e 718 postos desativados.

As estações que fazem parte da Rede de Monitoramento, atualmente, do Estado de Minas Gerais, são resumidas no *Quadro 4.1* a seguir. As redes de monitoramento superficial citadas estão mapeadas na sequência (ver *Mapas 4.5* e *4.6*).

Quadro 4.1 – Rede de Monitoramento Superficial Atual

Tipologia da Estação	Rede Básica	Rede Dirigida
I. Qualidade de Água	373	154
II. Fluviometria	817	-
III. Pluviometria	968	-

Fonte: Consórcio HOLOS-FAHMA-DELGITEC, com base em dados do IGAM

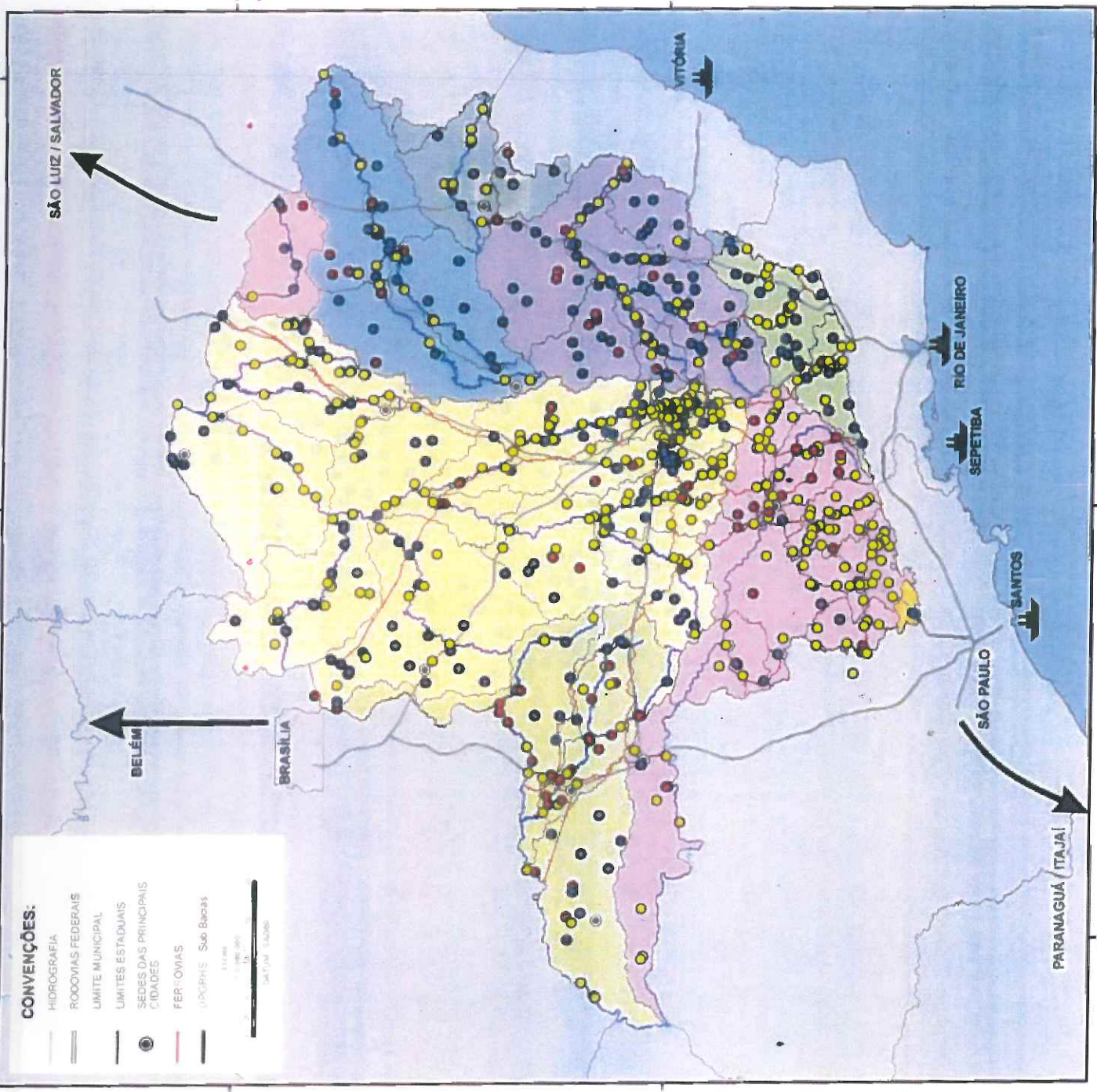
Cabe também ressaltar que parte da Rede de Monitoramento de Quantidade (Fluviometria e Pluviometria), apresentada no *Quadro 4.1*, é operado pelo IGAM. O Instituto opera um total de 298 postos hidrométricos das redes exclusivas montadas pelas empresas CEMIG e COPASA, e das redes de interesse público da Agência Nacional de Águas, além das suas estações próprias, como no Projeto Águas de Minas e no Riachão. O *Quadro 4.2* apresenta o número de pontos de medição de quantidade de água, que forma a rede de monitoramento operada pelo IGAM.

Quadro 4.2 – Redes de Quantidade Superficial Atualmente Operadas pelo IGAM.

Estações de quantidades operadas pelo IGAM	CEMIG	COPASA	ANA	RIACHAO Rede própria	Águas de Minas Rede Própria
I. Fluviometria	63	130	40	15	11
II. Pluviometria	0	0	65	1	0

Fonte: Consórcio HOLOS-FAHMA-DELGITEC, com base em dados do IGAM

Mapa 4.5 – Rede Básica de Monitoramento de Fluviometria em Operação



CONVENÇÕES:

- HIDROGRAFIA
- ROOVIAS FEDERAIS
- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITES ESTADUAIS
- SEDES DAS PRINCIPAIS CIDADES
- FERROVIAS
- UPC/PMS Sub-Bacias

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

1:100.000

1:500.000

1:1.000.000

1:2.000.000

1:4.000.000

1:8.000.000

1:16.000.000

1:32.000.000

1:64.000.000

1:128.000.000

1:256.000.000

1:512.000.000

1:1.024.000.000

Legenda

Estações Fluviométricas

OPERADORA

- CPDM
- CEMIS
- CAM

Bacias Hidrográficas

- rio Araripe
- rio Grande
- Rio São Francisco
- Rio Jequitinhonha
- Rio Paranaíba
- Rio Parnaíba/Açuai
- Rio Paranaíba
- Rio Paranaíba do Sul
- Bacias do Leste

Fonte: Elaboração Própria
Data: Fevereiro de 2010
Rev. Final

Mapa 4.6 – Rede Básica de Monitoramento de Pluviometria em Operação

REGIÃO DAS BACIAS DE
SANTOS, JARACATIQUÊ,
SÃO PAULO, JACAREPAGUÁ,
SÃO CARLOS

Legenda

Estações Pluviométricas

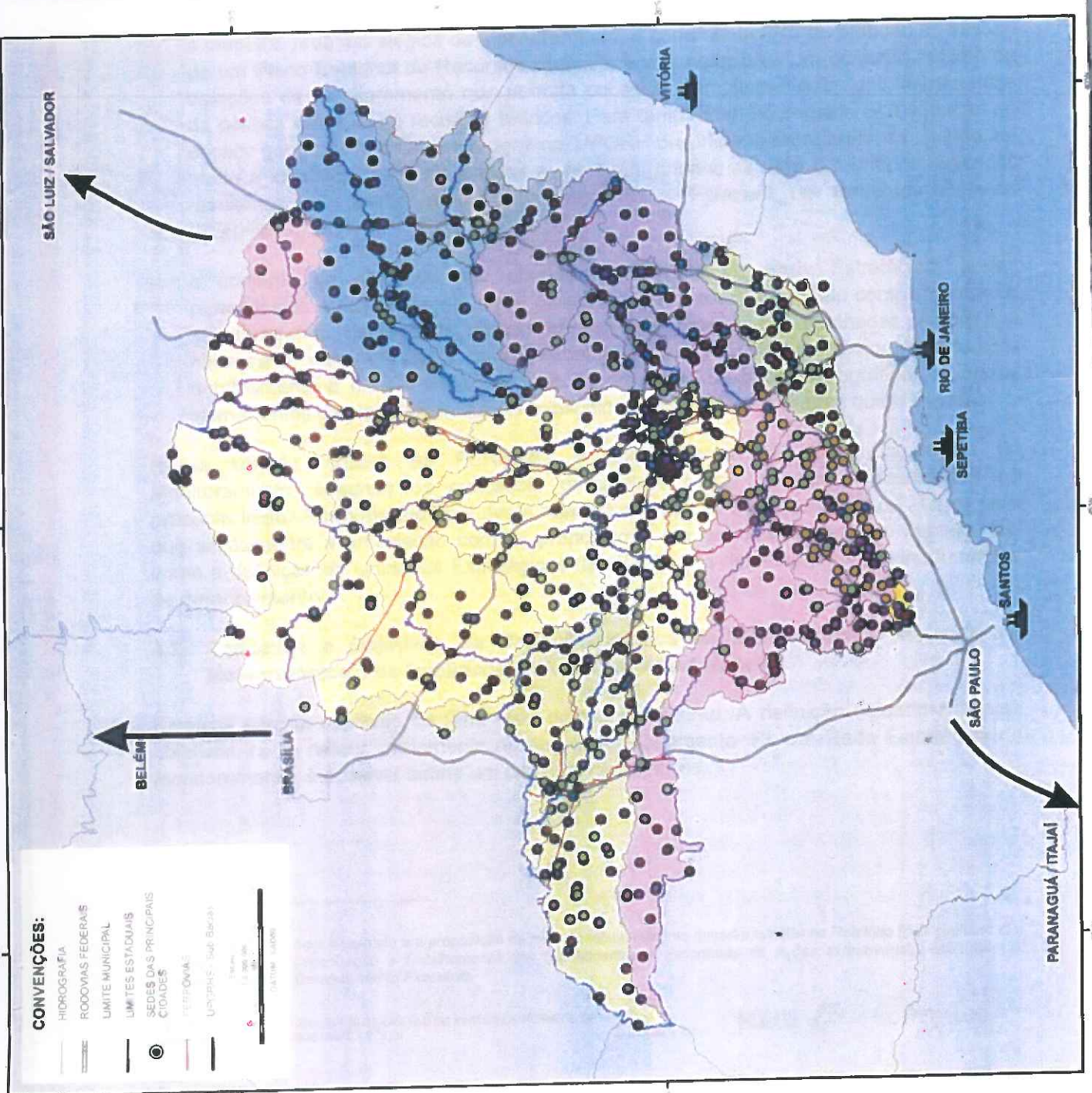
OPERADORA

- CEMIG
- COPASA
- CPRM
- IGAM
- INMET

Bacias Hidrográficas

- Rio Doce
- Rio Grande
- Rio São Francisco
- Rio Jequitinhonha
- Rio Pardo
- Rio Piracicaba/Jaguari
- Rio Paranaíba
- Rio Paraíba do Sul
- Bacias do Leste

Fonte: Elaboração Própria
Data: Fevereiro de 2010
Rev. Final



Isto posto, e com base em uma breve descrição e um diagnóstico geral sobre a atual rede hidrometeorológica existente⁸, superficial e subterrânea – em termos dos pontos de coleta de dados, sua localização espacial, a consistência, permanência e periodicidade da coleta de dados e, ainda, as fontes financeiras que asseguram suporte aos custos de operação e manutenção da rede, em termos de equipamentos e equipe técnica –, considerando a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, pode-se registrar que:

- a rede de monitoramento do Estado de Minas Gerais deverá ser subdividida em dois grandes grupos: a Rede Estratégica de Monitoramento e a Rede Complementar de Monitoramento;
- a primeira, rede estratégica de monitoramento, é certamente foco de atenção no escopo de um Plano Estadual de Recursos Hídricos, e visa selecionar um conjunto mínimo de estações de monitoramento que permita subsidiar a implementação dos instrumentos da política estadual de recursos hídricos. Para tanto, deve-se considerar a vocação do espaço geográfico da bacia hidrográfica, UPGRH ou Unidade Estratégica de Gestão, de modo a identificar as áreas críticas e, portanto, prioritárias para o monitoramento dos resultados da gestão preconizada pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/MG); e,
- o conjunto de estações não enquadradas dentro da Rede Estratégica, porém pertencentes à rede existente (rede básica), considerados como rede complementar de monitoramento. Estas redes, de caráter mais local, deverão ser detalhadas sempre que necessário, para atender à uma determinada situação de gestão. No entanto, este detalhamento é mais afeto ao escopo de um plano de bacia hidrográfica, ou outros instrumentos de planejamento mais específicos para regiões menores que o Estado.

Nesse sentido, caberá ao PERH/MG o detalhamento da Rede Estratégica de Monitoramento, segundo os conceitos, parâmetros e metodologias apresentados no presente texto. A proposição final desta rede irá compor os volumes finais do Plano, para que se assegure a articulação com as proposições ora em elaboração pelo mesmo, tais como a definição de Unidades Estratégicas de Gestão e o detalhamento dos instrumentos de gerenciamento.

4.2. Conceitos e Objetivos da Rede Estratégica de Monitoramento Hidrológico, Meteorológico e de Qualidade da Água em Minas Gerais

Diversos são os objetivos de uma rede de monitoramento. A definição cuidadosa destes objetivos irá se refletir diretamente no seu dimensionamento. Para a Rede Estratégica de Monitoramento, é possível definir um conjunto de objetivos:

⁸ O mapeamento mais detalhado e a proposição da rede de monitoramento deverão constar no *Relatório Final (Volume 4) – Marco Lógico, Organização e Detalhamento dos Componentes e Programas de Ações Instrumentais, Institucionais, Estruturais e de Gerenciamento Executivo*.

a) Quanto à gestão e ao planejamento

- calibrar e validar modelos hidrológicos, climáticos, meteorológicos, de qualidade da água e transporte de sedimentos;
- determinar a variabilidade espacial e temporal da quantidade e qualidade da água de modo a verificar a adequabilidade aos usos propostos;
- acompanhar a evolução e tendências da quantidade e qualidade da água do manancial;
- fazer o prognóstico do efeito de novas captações ou lançamentos de efluentes;
- avaliar as consequências do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica;
- avaliar as variações meteorológicas e hidrológicas sobre o regime de escoamento do curso de água;
- estabelecer as bases para o gerenciamento dos recursos hídricos, e,
- subsidiar a tomada de decisão com relação ao gerenciamento dos recursos hídricos.

b) Quanto à fiscalização

- fiscalizar os usuários dos recursos hídricos.

c) Quanto ao controle

- identificar as áreas críticas e avaliar ações e medidas de controle na manutenção e/ou melhoria da quantidade e qualidade da água;
- determinar as variações da quantidade e qualidade da água de modo a propor ações preventivas e corretivas; e,
- implantar sistemas de alerta a eventos críticos.

4.3. Diretrizes e Critérios para a Proposta da Rede Estratégica de Monitoramento Quali-quantitativo Integrado das Águas em Minas Gerais

De pronto, percebe-se que a rede atualmente existente foi sendo criada mediante diversas vertentes e ações de setores, sem uma perspectiva abrangente e articulada que apontasse pontos estratégicos de gestão. No sentido de evoluir no desenho da rede, o IGAM vem desenvolvendo diversas propostas de trabalhos para otimização da rede de monitoramento:

- existe na Bacia do Rio das Velhas uma proposta já bem encaminhada de implementação de uma rede telemétrica automática, desenvolvida no contexto do Projeto de Integração do Velhas, com o objetivo de suprir um Sistema de Alerta;

- com relação à operação da rede de monitoramento de quantidade (estações fluviométricas e pluviométricas) operada pelo IGAM, foi elaborado um diagnóstico preliminar, que aponta a situação atual sob o ponto de vista operacional das estações, levando em consideração desde a quantidade e qualificação dos hidrometristas, até os custos diretos e indiretos operacionais e de manutenção das estações, com a existência de mapas e esquemas, todavia, sem a existência de um documento consolidado;
- o diagnóstico preliminar tem como objetivo subsidiar a elaboração de um projeto de remodelação física e operativa da rede de monitoramento hidrométrico, sob responsabilidade do IGAM, mantida de forma direta ou conveniada, visando alcançar níveis de excelência nas atividades rotineiras dos serviços de campo e de escritório, a fim de alcançar a proposição de melhorias operativas, com base no estabelecimento de procedimentos para tratamento de dados e de regionalização das equipes de campo;
- não obstante tais precedentes, foi colhida a informação de que, segundo o IGAM, está pronto um Termo de Referência para a contratação de um estudo de "Regionalização da Operação das Estações de Monitoramento através das Unidades da SUPRAM", com parte desse trabalho voltado para otimizar e integrar a operação das estações de quantidade e qualidade das águas,
- para isto, foi considerada a cidade de Montes Claros, como projeto-piloto para a regionalização, estabelecendo-se um diagnóstico atual da operação da rede na região, de modo a resolver problemas logísticos operacionais envolvidos neste processo – o teste atual em andamento visa determinar a viabilidade operacional e determinar as diretrizes e estratégias a serem seguidas, para a otimização da operação de toda a rede hidrométrica;
- dentre todas estas inúmeras iniciativas também cabe registrar estudos em curso (desde o final de 2008) no âmbito da UFMG com vistas à *ottocodificação* das bacias que drenam o território mineiro. A previsão de entrega ao IGAM da *ottocodificação* de todas as bacias hidrográficas do estado está prevista para julho/2010;
- no que tange às águas subterrâneas, o IGAM hoje opera cerca de 40 pontos, com maior concentração ao Norte de Minas, sob a expectativa de que seja retomado em breve, mediante um convênio com a UFMG, um projeto de uma rede-piloto sobre a qualidade de águas subterrâneas, que foi desenvolvido em 2005/2006,
- também está sendo estabelecido um convênio para parceria com a CPRM, para que ambos operem, a partir de 2010, novos pontos de coleta de dados – IGAM em qualidade e CPRM em quantidade – nas áreas do Aquífero Guarani (onde há 05 pontos já instalados) e do Bauru, na porção do Triângulo Mineiro;
- em acréscimo, foram constatadas preocupações com o monitoramento de usos de água mineral, especialmente no circuito turístico de Araxá e Caxambu, hoje fiscalizado pelo DNPM, contudo, sob o entendimento de que tal responsabilidade e controle deveria ser empreendida mediante parceria com o IGAM, devido às articulações com aspectos de gestão, notadamente em relação ao turismo;

- a este respeito, sabe-se que a responsabilidade da fiscalização do uso de água mineral é de competência do DNPM, sem prejuízo de mútua cooperação entre ambas as entidades nas áreas de estâncias hidrominerais;
- na Bacia do rio Paracatu, a rede de monitoramento dá suporte às propostas mais consistentes de enquadramento;
- além disso, busca-se um acordo de cooperação para estudos sobre disponibilidades hídricas subterrâneas na região do semi-árido, envolvendo a Secretaria de Ciência e Tecnologia e, novamente, a CPRM; e,
- por fim, no que tange à sustentação de O&M da rede, há um fluxo financeiro constante, advindo do próprio orçamento do IGAM, com a possibilidade de que seja demandado ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FHIDRO).

Sob este contexto de inúmeras frentes de trabalho abertas pelo IGAM, e sob a perspectiva do PERH/MG, torna-se importante desenvolver uma proposta para a instalação da Rede Estratégica de Monitoramento hídrico, superficial e subterrâneo, com a indicação de um número mínimo assegurado de pontos de coleta, sem riscos maiores para o seu financiamento e suporte de O&M.

Em acréscimo à rede estratégica, o PERH/MG deve indicar áreas que mereçam ampliação da atual rede, além de reafirmar pontos específicos onde se requer o monitoramento da qualidade das águas, sempre quando possível, com a indicação de determinadas variáveis que sejam destacadas como as mais relevantes, tendo em vista o perfil geofísico e das atividades produtivas que impactam os recursos hídricos, em cada região.

Enfim, a mencionada rede estratégica deverá ser composta por pontos de monitoramento – sempre articulados com a divisão do estado em Unidades Estratégicas de Gestão – que possam ser mantidos às custas do SEGRH/MG, particularmente de recursos permanentes que sejam dirigidos ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FHIDRO).

A proposição da rede de monitoramento foi um dos objetos de discussão da *Oficina 03*, com profissionais de entidades gestoras de recursos hídricos, em especial da ANA, sendo realizada na data de 16/03/2010. Neste momento foram coletados subsídios, que serão consolidados na proposição final da rede de monitoramento para o estado de Minas Gerais, um dos temas do *Relatório Final (Volume 4) – Marco Lógico, Organização e Detalhamento dos Componentes e Programas de Ações Instrumentais, Institucionais, Estruturais e de Gerenciamento Executivo*.

Como objetivos específicos dessa proposta, pode-se anotar: o redimensionamento e a capacitação adequada de uma equipe permanente de hidrometristas e hidrotécnicos; a expansão dos pontos de monitoramento em áreas identificadas como críticas, notadamente para a calibração de modelos hidrológicos e de qualidade da água, e, incrementos tecnológicos que acrescentem, cada vez mais, confiabilidade nos dados captados e modelos de simulação gerados.

Sob uma perspectiva institucional, é evidente que este incremento e sofisticação operacional da rede hidrometeorológica terá rebatimentos e interações indispensáveis com ações que, certamente, serão recomendadas pelo PERH/MG, relativas ao fortalecimento do órgão estadual gestor de recursos hídricos – o IGAM. Tal fortalecimento institucional deverá incluir um programa de capacitação de seu quadro de profissionais, de modo a ampliar e dar maior consistência técnica à entidade.

Adicionalmente, algumas questões merecem destaque, a saber:

- a questão operacional das redes de monitoramento pluviométrico: necessidade de disponibilização dos dados das entidades operadoras para o IGAM; e,
- no âmbito do PERH/MG (instrumentos apoiados por SAD's), o monitoramento deve permitir um acompanhamento em tempo real pelo IGAM. Logo, há (intrínseca) uma priorização de redes telemétricas.

Um dos grandes desafios impostos pela Lei Federal nº 9.433/97, ao propor os instrumentos de gerenciamento, foi o de constituir um banco de dados hidroambientais que permitissem a consecução de objetivos, tais como:

- (i) homogeneizar o recorte territorial de gestão;
- (ii) monitorar os efeitos das ações previstas no PERH/MG, na quantidade e qualidade dos recursos hídricos;
- (iii) servir como elemento de entrada ("moldes") para os recortes territoriais dos planos de bacia, e,
- (iv) subsidiar a emissão de outorgas, fornecendo os limites máximos de vazões outorgáveis nessas sub-bacias. Sem dúvida, não é uma tarefa trivial, pois depende de uma série de dados, a saber: da matriz de fontes de poluição, do cadastro de usos e usuários e das peculiaridades das bacias hidrográficas.

Com base nas diretrizes supracitadas, a definição da Rede Estratégica de Monitoramento Superficial baseia-se no posicionamento das estações de qualidade de água. Assim sendo, serão propostas metodologias, para que em um primeiro momento, sejam definidos os parâmetros a serem monitorados, e em um segundo momento, sejam determinados os pontos que deverão pertencer à Rede Estratégica de Monitoramento, seguida da averiguação da sua suficiência.

No caso da Rede Básica de Monitoramento Superficial serão consideradas as seguintes tipologias de rede de monitoramento: Estações de Qualidade da Água; Estações Fluviométricas, e, Estações Pluviométricas. Também será realizada (i) averiguação a suficiência dos pontos atuais de monitoramento e; (ii) a otimização da atual rede de monitoramento.

Existe, na literatura técnica especializada, dependendo das características e dos propósitos para cada área de intervenção, uma grande diversidade de metodologias que podem ser aplicadas para otimizar a rede de monitoramento, tais como a metodologia *SHARP*, os dados da estação e critérios de regionalização definidos pelos Cenários.

Para as proposições do PERH/MG, são necessários passos metodológicos articulados e complementares. De pronto, já se sabe que somente após a definição concreta do traçado das Unidades Estratégicas de Gestão (UEGs), células de análise do PERH/MG, é que se poderá definir a metodologia mais apropriada a ser aplicada e a proposição efetiva da rede estratégica de monitoramento.

Os fluxogramas apresentados na *Figura 4.1* e *4.2* a seguir resumem, com caráter ilustrativo, os *Itens 4.3.1* e *4.3.2*, respectivamente, que definem a metodologia geral de proposição da Rede Estratégica de Monitoramento e Rede Básica de Monitoramento.

Em seguida, são apresentados detalhes sobre os critérios e parâmetros a serem utilizados para a proposição da Rede Estratégica. A combinação da estratégia metodológica apontada pelos fluxos com os critérios detalhados adiante permitirá ao PERH/MG consolidar uma proposta robusta de Rede Estratégica de Monitoramento.

Figura 4.1 – Fluxograma Metodológico de Proposição da Rede Estratégica de Monitoramento

Figura 4.2 – Fluxograma Metodológico de Complementação da Rede Básica de Monitoramento

Figura 4.1 - Fluxograma Metodológico de Proposição da Rede Estratégica de Monitoramento

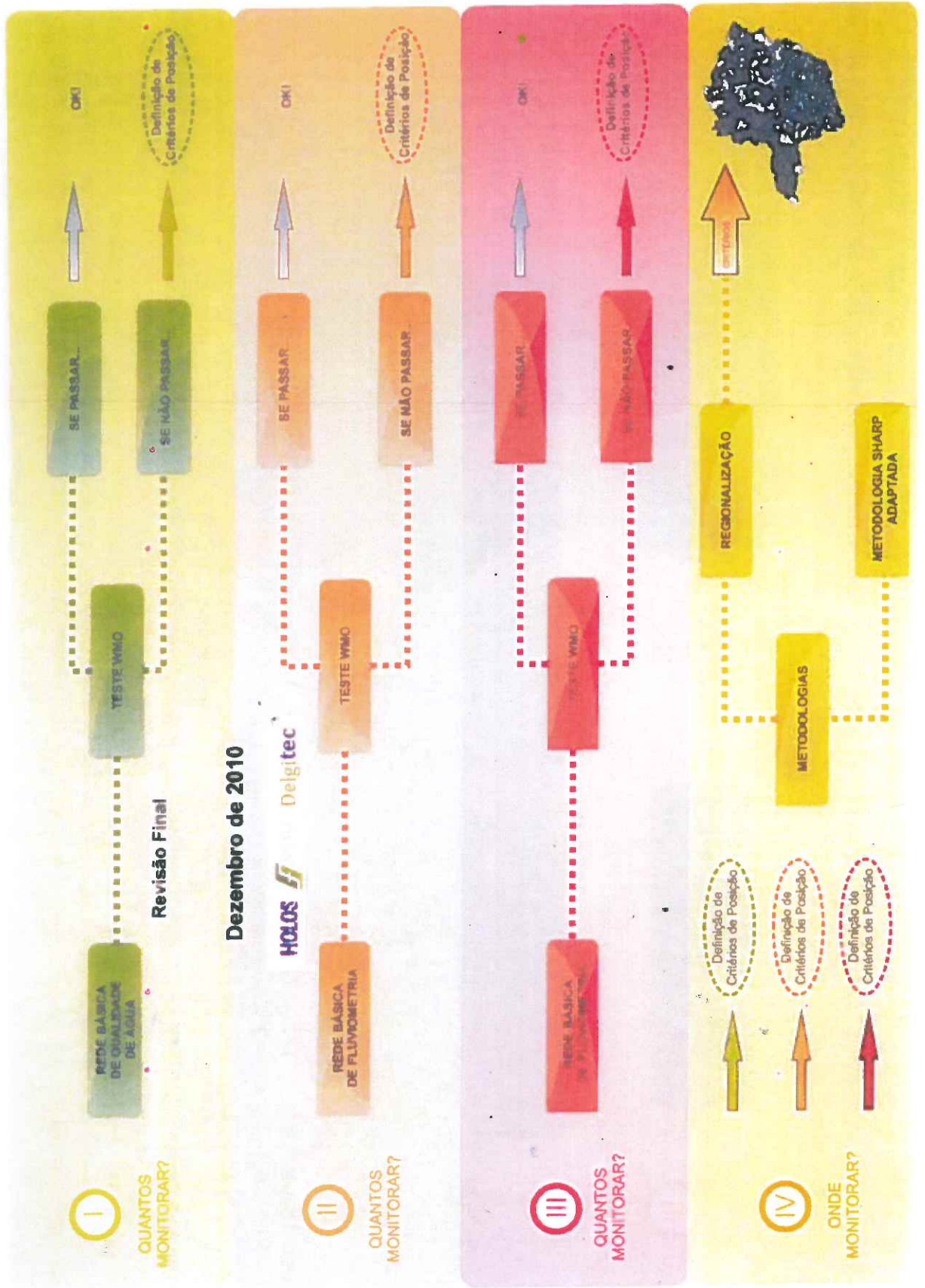
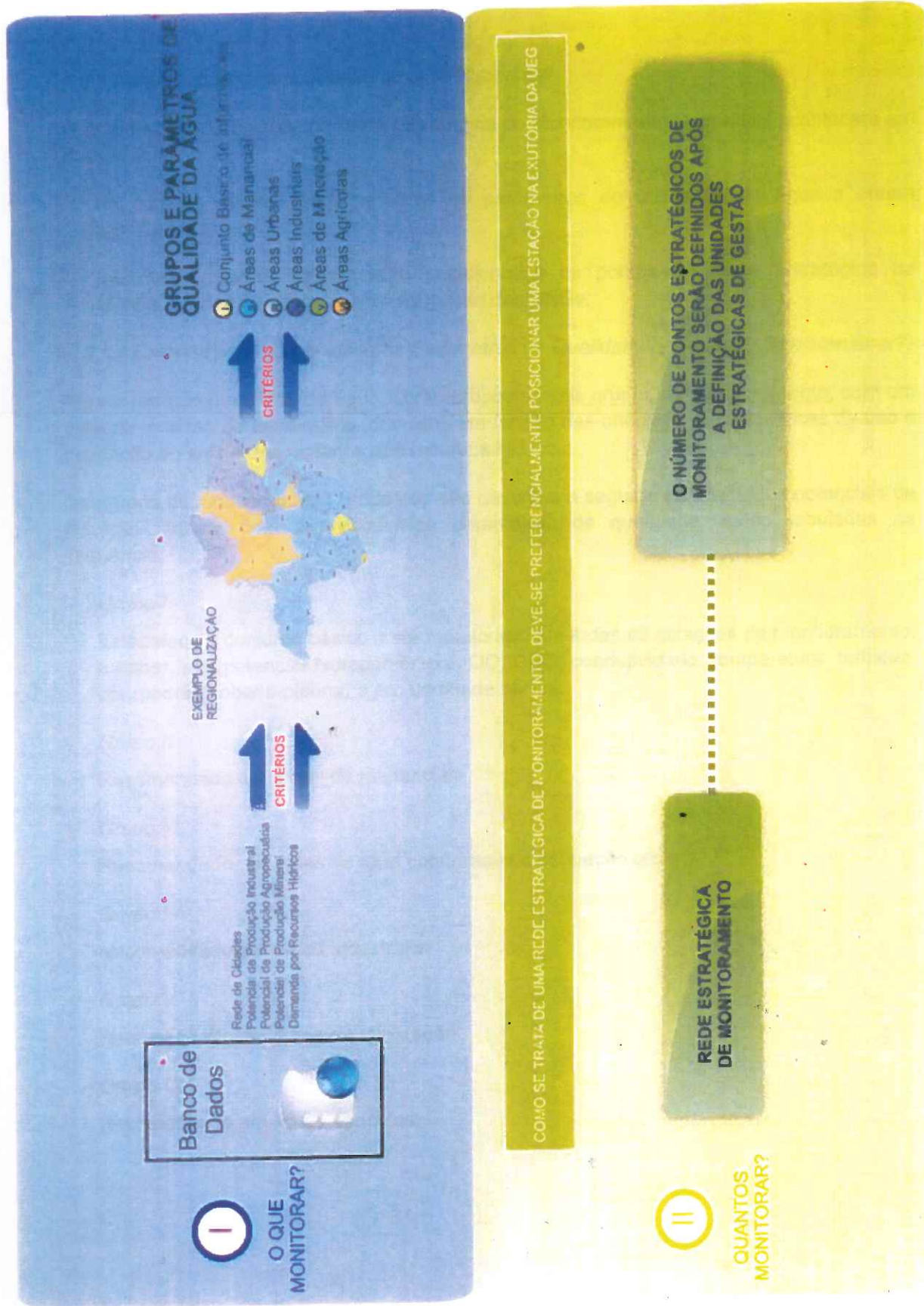


Figura 4.2 - Fluxograma Metodológico de Complementação da Rede Básica de Monitoramento



4.3.1. Rede Estratégica de Monitoramento Superficial

O processo de proposição da Rede Estratégica de Monitoramento Superficial acontecerá em duas etapas:

- na primeira etapa, serão definidos os parâmetros de qualidade de água a serem monitorados; e,
- em uma segunda etapa, serão posicionados os pontos da Rede Estratégica de Monitoramento de acordo com a formação das UEGs.

4.3.1.1. Critérios para a Definição dos Parâmetros de Qualidade da Água (O Que Monitorar?)

Para a rede de qualidade da água, serão propostos seis grupos de monitoramento, com um conjunto mínimo de parâmetros, definidos em função das principais características de uso e ocupação do solo e dos usuários dos recursos hídricos.

Os grupos de monitoramento propostos são descritos a seguir e as atividades potenciais de poluição hídrica, com os respectivos parâmetros de qualidade, estão tabuladas na sequência.

- Grupo I

Estabelece o conjunto básico a ser monitorado em todas as estações de monitoramento, a saber: pH (potencial hidrogeniônico), OD, DBO, condutividade, temperatura, turbidez, cor (padrão cobalto-platina) e profundidade secchi.

- Grupo II:

Recomendado em áreas de mananciais.

- Grupo III

Recomendado em áreas de forte conurbação e ocupação urbana.

- Grupo IV

Recomendado em áreas industriais.

- Grupo V

Recomendado em áreas de mineração.

- Grupo VI

Recomendado em áreas agrícolas.

Quadro 4.3 – Grupos e Parâmetros de Qualidade da Água

Características Gerais	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI
Uso do Solo e/ou dos Recursos Hídricos		Municipais	Áreas urbanas	Áreas industriais	Áreas de mineração	Áreas agrícolas
Tipo de Efluente	Genêr	Matéria orgânica	Matéria orgânica, óleos e graxas	Matéria orgânica, metais pesados, óleos e graxas	Matéria orgânica, metais pesados, óleos e graxas	Polluição orgânica, pela utilização de inseticidas herbicidas e fungicidas
	Temperatura	DQO	DQO	DQO	DQO	Resíduos de Inseticidas Organofosforados
Parâmetros de Qualidade da Água	pH	OD	OD	CN	CN	Herbicidas, derivado da glifosato, triazinas, imidazolinonas, diflufenicamida
	OD	Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos em Suspensão	Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos em Suspensão	Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos em Suspensão	Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos em Suspensão	Benzenidazol e triazóis
	DQO	Colorimétricas Termotolerantes	Colorimétricas Termotolerantes	Íons	Íons	Organoclorados
Parâmetros de Qualidade da Água	Condutividade	Pesticidas de Carbamato e Fosforil P	Ciclo do Nitrogênio (Nitrato, Nitrato Nitrogênio Orgânico e Amônia) Ciclo do Fósforo (Fosfato Total)	Metais Pesados	Metais e Óxidos	Resíduos de Pesticidas Organofosforados
	Turbidez	Óleos e Graxas	Óleos e Graxas	Óleos e Graxas	Óleos e Graxas	Resíduos de Inseticidas Pirétretois
Parâmetros de Qualidade da Água	Profundidade Secora		Tolerância para organismos aquáticos	Tolerância para organismos aquáticos		Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos em Suspensão
	Clor					Ciclo do Nitrogênio (Nitrato Nitrogênio Orgânico e Amônia) Ciclo do Fósforo (Fosfato Total)
						Tolerância para organismos aquáticos

O próximo passo consiste em determinar, no território mineiro, quais regiões devem estar incluídas em cada grupo. O PERH/MG irá, ao final, apontar, em cada Área Estratégica de Gestão, quais estações e cada grupo será aplicado.

Para dar início ao processo que definirá os grupos de monitoramento é possível fazer uso da matriz de interpolação das leituras espaciais, objeto de avaliação do *Relatório Final (Volume 1) – Aspectos Estratégicos para a Gestão de Recursos Hídricos em Minas Gerais*, na qual as UPGRH's, pelo padrão de similaridade dos componentes avaliados, foram preliminarmente agrupadas nas seguintes categorias de regionalização:

a) *Centralidades Urbanas Geradoras de Economia*

Aglomerados urbanos com dinâmica de produção nos diversos setores e potenciais conflitos por usos múltiplos dos recursos hídricos.

b) *Complexos Produtivos*

Unidades significativas na produção econômica (nos diversos setores) que ainda não são representativas na hierarquia de rede de cidades. Potencial conflito de usos múltiplos em áreas sem complexidades urbanas.

c) *Áreas Potenciais de Desenvolvimento Socioeconômico*

Unidades sem usos impactantes, com potencial de desenvolvimento econômico.

d) *Áreas Prioritárias à Inclusão Socioeconômica*

Unidades predominantemente rurais com baixa expressividade na dinâmica de produção econômica e componente humano.

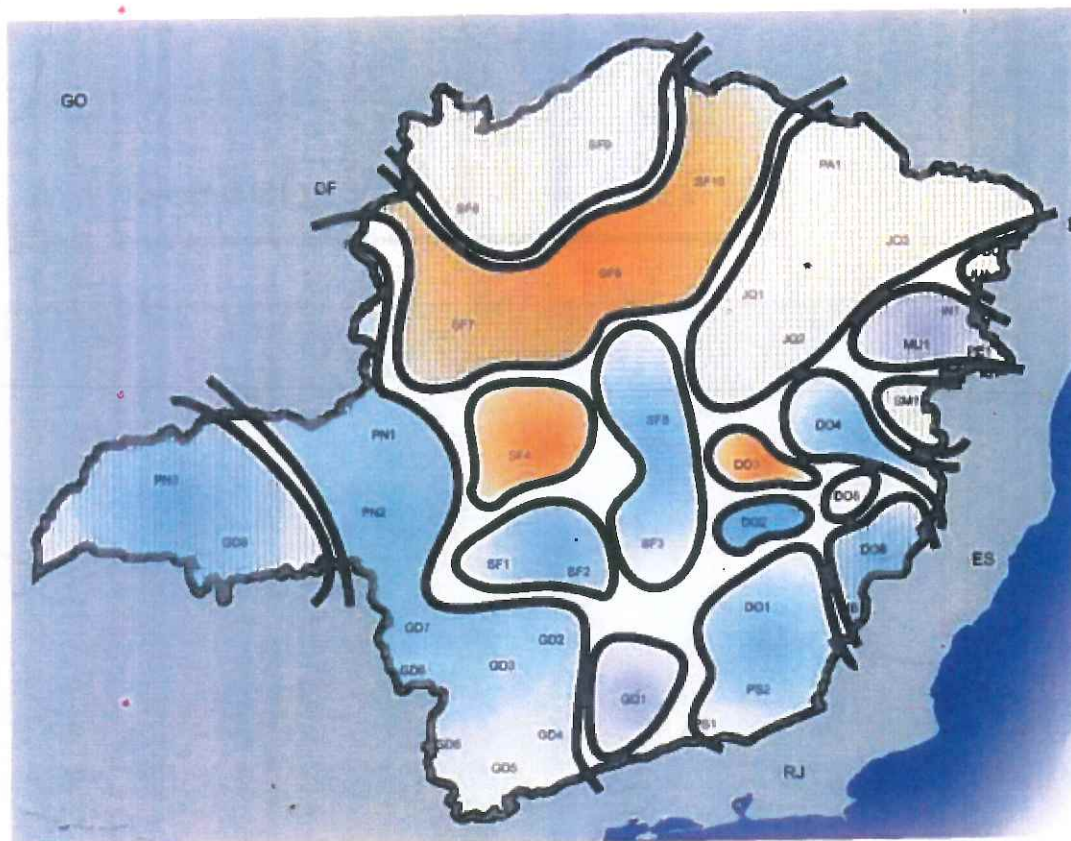
O Quadro 4.4, apresentado na sequência, mostra a interpolação das Leituras Espaciais em cada UPGRH. Com base nos potenciais identificados, é possível inferir quais os grupos mais afetos a cada UPGRH.

Quadro 4.4 – Exemplo de Matriz de Interação das Leituras Espaciais

UPGRH	Base Física						Atividades				Organização da Sociedade		Regionalização	Com Restrição Ambiental	Com Restrição de Disponibilidade Hídrica		
	Construída			Natural			Produção		Consumo		Formal					Informal	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				13	14
Rede de Cidades	Infraestrutura de Transporte	Geração de Energia	Comp. de Qualidade de Água	Vulnerabilidade do Meio Natural	Criticidade quanto ao Balanço Hídrico	Potencial de Produção Industrial	Potencial de Produção Agropecuária	Potencial de Produção Mineral	Demanda por Recursos Hídricos	Comitês em Bacias de Rios	Potencial Humano						
BU1																	
DO1																	
DO2																	
DO3																	
DO4																	
DO5																	
DO6																	
GD1																	
GD2																	
GD3																	
GD4																	
GD5																	
GD6																	
GD7																	
GD8																	
IB1																	
IN1																	
IP1																	
IU1																	
JO1																	
JO2																	
JO3																	
JU1																	
MU1																	
PA1																	
PE1																	
PJ1																	
PN1																	
PN2																	
PN3																	
PS1																	
PS2																	
SF1																	
SF2																	
SF3																	
SF4																	
SF5																	
SF6																	
SF7																	
SF8																	
SF9																	
SF10																	
SM1																	

Fonte: Conselho HOLOS-FAHMA-DELGTEC

Figura 4.3 – Regionalização Preliminar das Unidades Estratégicas de Gestão



REGIONALIZAÇÃO	SEM RESTRIÇÕES	RESTRIÇÕES AMBIENTAIS	RESTRIÇÕES HÍDRICAS	RESTRIÇÕES AMBIENTAIS E HÍDRICAS
A CENTRALIDADES URBANAS GERADORAS DE ECONOMIA	A1	A2	A3	A4
B COMPLEXOS PRODUTIVOS	B1	B2	B3	B4
C ÁREAS POTENCIAIS DE DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO	C1	C2	C3	C4
D ÁREAS PRIORITÁRIAS À INCLUSÃO SÓCIO-ECONÔMICA	D1	D2	D3	D4

Fonte: Consórcio HOLOS-FAHMA-DELGITEC, com base em dados do IGAM

Mapa 4.7 – Parâmetros de Qualidade da Água Segundo Usos Preponderantes



PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Legenda

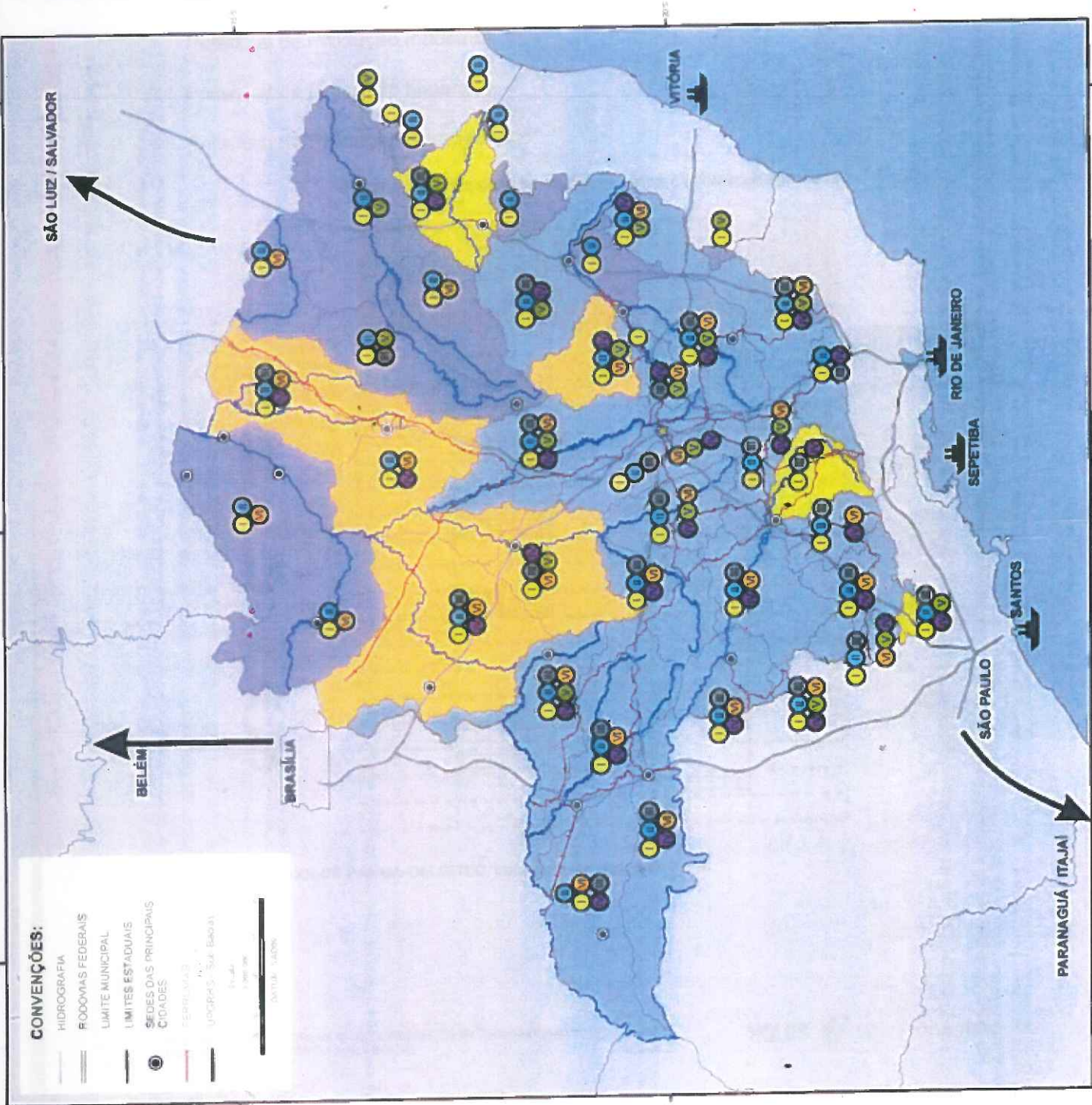
GRUPOS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

- Conjunto Básico de Informações
- Áreas de Manancial
- Áreas Urbanas
- Áreas Industriais
- Áreas de Mineração
- Áreas Agrícolas

UPGRH - Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

- A. CENTRALIDADES URBANAS GERADORES DE ECONOMIA
- B. COMPLEXOS PRODUTIVOS
- C. ÁREAS POTENCIAIS DE DESENVOLVIMENTO SOCIO-ECONÔMICO
- D. ÁREAS PRIORITÁRIAS À INCLUSÃO SOCIO-ECONÔMICO

Fonte: Elaboração Própria
Data: Fevereiro de 2010
Rev Final



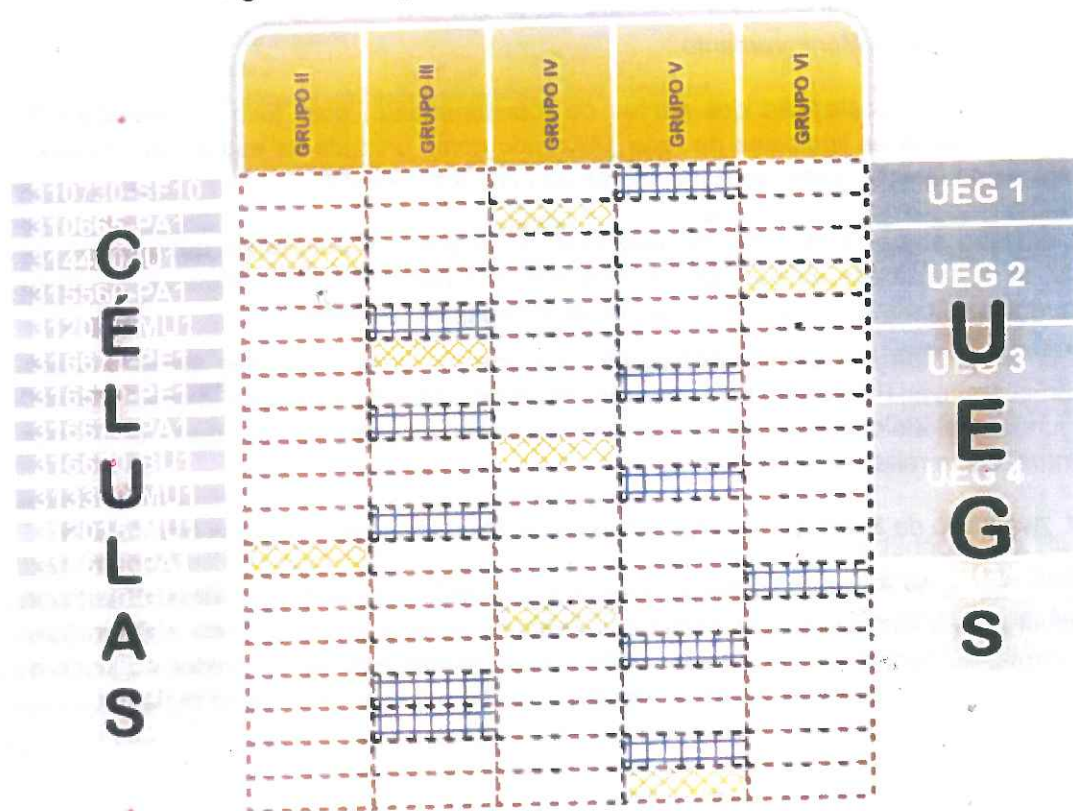
CONVENÇÕES:

- HIDROGRAFIA
- FLOZÓMIAS FEDERAIS
- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITE ESTADUAIS
- SEDES DAS PRINCIPAIS CIDADES
- FERROVIÁRIAS
- URBICÍDIO "CASA BRANCA"

No PERH/MG, na proposição definitiva da Rede Estratégica de Monitoramento, a matriz de interpolação das leituras espaciais, como mostra o esquema a seguir na *Figura 4.4*, será composta por 1.128 células (que substituirão as UPGRHs) e que irão delimitar as Unidades Estratégicas de Gestão. A definição dos grupos a serem monitorados em cada UEG dependerão da relação com as seguintes variáveis a serem consideradas, a saber:

- Demanda por Recursos Hídricos;
- Rede de Cidades;
- Potencial de Produção Industrial;
- Potencial de Produção Mineral; e,
- Potencial de Produção Agropecuário.

Figura 4.4 – Esquema da Matriz das Leituras Espaciais



Fonte: Consórcio HOLOS-FAHMA-DELGITEC, com base em dados do IGAM

4.3.1.2. Critérios para Macrolocalização dos Pontos de Monitoramento (Quanto Monitorar?)

A determinação da localização das estações da Rede Estratégica de Monitoramento, considerando os critérios físicos e fisiográficos das bacias, bem como as informações sobre as inter-relações de uso e ocupação do solo e os usos dos recursos hídricos, será apoiada na divisão do território de Minas Gerais em Unidades Estratégicas de Gestão, um dos temas do *Relatório Final (Volume 1) – Aspectos Estratégicos para a Gestão de Recursos Hídricos em Minas Gerais*, em seu Capítulo 10.

Desde já, determina-se que o primeiro critério de macrolocalização partirá do princípio que a exutória de cada Unidade Estratégica de Gestão deva coincidir, preferencialmente, com uma estação de monitoramento existente na porção mais a jusante da sua área de abrangência.

É importante lembrar a premissão de que os custos de operação e manutenção da Rede Estratégica devem ter respaldo financeiro do próprio Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Portanto, redes muito densas têm custo maior e podem não ser suportadas pelo sistema. Logo, a Rede Estratégica deve buscar a melhor relação econômica entre os custos de manutenção e os dados levantados.

4.3.2. Rede Básica de Monitoramento

Após feita a macrolocalização dos pontos de monitoramento, será feita a avaliação de suficiência de todas as tipologias de rede, utilizando como unidade de estudo as Unidades Estratégicas de Gestão. Este processo acontecerá em duas etapas:

- na primeira etapa, a rede básica será avaliada segundo a suficiência quantitativa, ou seja, se a densidade atende aos padrões mínimos recomendáveis, adotando-se como referência os padrões da *World Meteorological Organization (WMO)*; e,
- em uma segunda etapa, nas Unidades Estratégicas de Gestão que não atenderem aos padrões mínimos recomendáveis, serão propostos novos pontos de monitoramento, segundo metodologia específica, conforme preconiza o Item "Proposição de Novos Pontos" deste relatório.

4.3.2.1. Avaliação da Suficiência da Rede Básica de Monitoramento (Quanto Monitorar?)

O objetivo da rede de monitoramento, segundo a WMO, é o de prover uma densidade compatível para a distribuição de estações de monitoramento em uma bacia hidrográfica. Dessa forma, as normas quanto à rede mínima de monitoramento são definidas segundo o tipo de estação de monitoramento e as características de relevo e de clima da região.

Quadro 4.5 – Densidade Mínima da Rede de Monitoramento

Tipo de Região	Normas para Rede Mínima de Monitoramento Área (km ²) por Estação	Normas Provisórias Toleradas para Condições Difíceis de Monitoramento * Área (km ²) por Estação ¹
I. Regiões planas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	1.000 – 2.500	3.000 – 10.000
II. Regiões montanhosas de zonas temperada, mediterrânea e tropical Pequenas ilhas montanhosas com precipitação muito irregular e com grande concentração de redes hidrográficas	300 – 1.000 140 - 300	1.000 – 5.000 ⁴
III. Regiões áridas e polares ²	5.000 – 20.000 ³	

FONTE: World Meteorological Organization, 1981.

NOTAS:

- ⁽¹⁾ Somente para circunstâncias excepcionalmente difíceis.
- ⁽²⁾ Grandes desertos não estão incluídos.
- ⁽³⁾ Dependendo da praticidade.
- ⁽⁴⁾ Sob circunstâncias muito difíceis o valor poderá ser estendido para 10.000 km².

4.3.2.2. Proposição de Novos Pontos (Onde Monitorar?)

Serão propostos pelo PERH/MG novos pontos de monitoramento, para Rede Básica de Monitoramento – no caso que as Unidades Estratégicas de Gestão não atendam aos padrões mínimos recomendáveis.

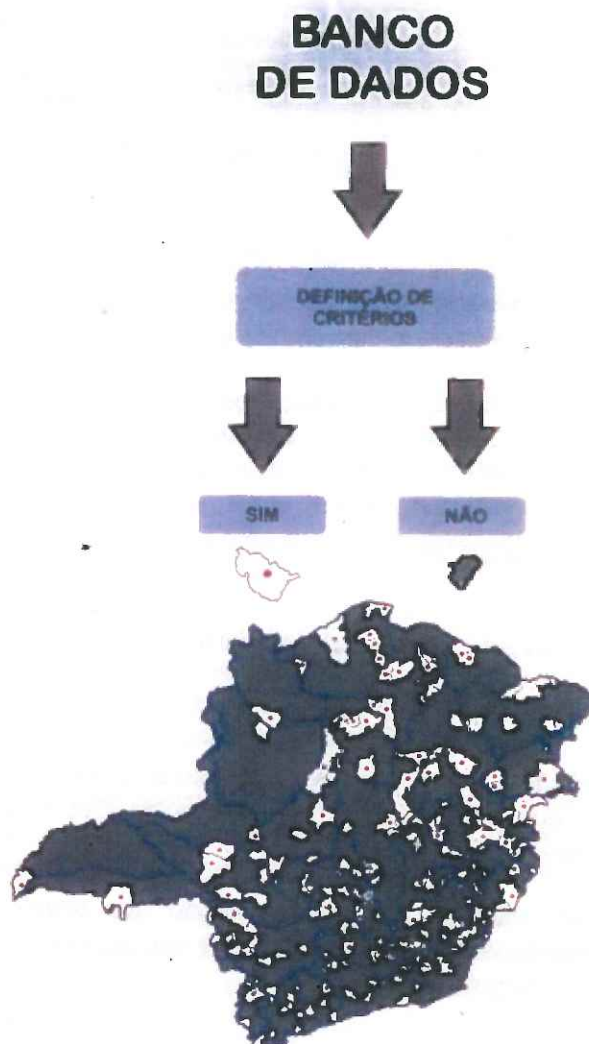
Como a metodologia a ser utilizada para a proposição dos novos pontos depende, essencialmente, da disponibilidade de dados, sugerem-se desde já as seguintes opções de metodologias, apresentadas a seguir:

Regionalização

A base para o estabelecimento de cenários futuros para os recursos hídricos no PERH evidenciara como elemento metodológico essencial, a construção de um banco de dados, interrelacionado a partir de dados acumulados durante todo o período de estudo e as 1.128 células, definidas a partir do cruzamento das UPGRHs e dos Municípios. Ressalta-se que a utilização dessa ferramenta tornaria a Proposição de Rede Estratégica de Monitoramento altamente integrada com os outros Instrumentos de gerenciamento do PERH.

Para a utilização da metodologia, criariam-se critérios para cada variável do banco de dados, tornando possível a escolha de posicionar ou não uma estação de monitoramento na célula considerada, como mostra a Figura 4.5, a seguir.

Figura 4.5 – Exemplo da Metodologia de Regionalização para Posicionamento de Estações



Metodologia SHARP Adaptada

A adaptação da metodologia de SHARP pode ser uma eficiente forma de definição de posicionamentos da Rede Estratégica. Esta adaptação foi aplicada para o dimensionamento da rede do Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos do Distrito Federal¹⁰, trabalho desenvolvido sob a coordenação da Secretaria de Infra-Estrutura do DF, entre os anos de 2004 e 2005. Para o desenvolvimento desta adaptação foram estudados os seguintes elementos:

¹⁰ COBRAPE – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos do DF. Brasília, 2005.

- A metodologia original de SHARP é indicada para localizar pontos de monitoramento segundo a localização das fontes de poluição, através da análise da compensação entre a incerteza da fonte a amostrar e a intensidade da amostragem.

- Já a metodologia proposta por SANDERS (1983), baseada em SHARP (1970), busca identificar pontos de monitoramento hierarquicamente definidos, levando-se em consideração pesos relativos aos locais indutores de degradação ambiental. Não requer dado pré-existente e é indicada, estrategicamente, para localizar pontos de monitoramento de acordo com as fontes de poluentes e número de tributários contribuintes, fundamentado na ordenação de canais de rede de drenagem (HORTON, 1945). Em resumo, SANDERS (1974), adapta os estudos de HORTON e SHARP (1970) e introduz o "conceito de hierarquia" para a localização dos pontos de monitoramento.

Segundo SOARES (2001), a abordagem proposta por SANDERS (1983) é importante para a realidade brasileira, na medida em que permite o projeto preliminar de uma rede mesmo quando não se dispõe de dados de qualidade da água, por ser baseada em características de drenagem da bacia hidrográfica. (Grifou-se)

- SANDERS (1983), citado por SOARES (2001, p. 26), utilizou o procedimento de SHARP para a seleção de pontos de amostragem baseado no número de tributários contribuintes, introduzindo os conceitos de macro e microlocalização. A macrolocalização é a determinação do trecho ou da seção do rio onde serão monitoradas as variáveis de qualidade da água. A microlocalização particulariza a determinação do local no trecho ou no ponto da seção transversal escolhida, podendo ser feita segundo as cargas de efluentes ou segundo as características do escoamento.

A macrolocalização pode ser realizada segundo o número de tributários contribuintes, segundo o número de afluentes poluentes e segundo a medida de carga de DBO, podendo resultar em dimensionamentos de redes de monitoramento diferentes para uma mesma bacia hidrográfica (CLARKSON, apud SOARES, 2001, p.26).

- MESQUITA e KOIDE (2003) propõem uma metodologia, baseada em SHARP (1974), em que são considerados aspectos relativos aos usos e usuários de recursos hídricos, como por exemplo, estações de tratamento de esgotos e pontos de lançamento. A ideia conceitual é a de aproximar os pontos de monitoramento de usuários significantes às fontes poluidoras.

Adicionalmente, para se complementar a análise de classificação, poderá ser realizada uma análise espacial considerando a vulnerabilidade de contaminação das águas e o tipo de uso e ocupação do solo.

Por fim, uma das etapas mais relevantes para a definição de uma rede de monitoramento é a quantidade e o posicionamento dos pontos de controle em uma determinada bacia hidrográfica. Outros fatores também podem ser elencados, a saber:

- facilidade de acesso para coletar as amostras.

proximidade de estações de monitoramento fluviométricas que realizem controle do nível de água e vazões

localização das fontes de poluição na bacia e

representatividade do local amostrado dentro da bacia hidrográfica e disponibilidade de instalações e pessoal para a coleta e análise das amostras

4.3.3. Critérios para Proposição da Rede Estratégica de Monitoramento Subterrâneo

O monitoramento de águas subterrâneas merece especial atenção devido o grande potencial de exploração destas águas, já existente, no Estado de Minas Gerais. Nesse sentido, e em função da base de dados disponível, descrevem-se as principais etapas que nortearão a proposta da rede de monitoramento:

(i) critérios para a macrolocalização dos pontos de monitoramento;

(ii) parâmetros de qualidade de água a serem monitorados;

Dentro da primeira etapa serão definidos os critérios de densidade e de frequência de amostragem da rede estratégica, influenciando no número de poços a serem monitorados e na sua distribuição espacial ao longo do Estado. Na segunda etapa se definirá o número de poços que monitorarão os diferentes grupos de parâmetros de qualidade da água, em conformidade com a caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas e com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Sabe-se desde já que um dos critérios a serem utilizados deverá ser baseado na análise territorial do Estado, em termos da Vulnerabilidade Natural definida no Zoneamento Ecológico Econômico, determinada como sendo a incapacidade de uma unidade espacial resistir e/ou recuperar-se após sofrer impactos decorrentes de atividades antrópicas consideradas normais. Esse mapeamento considera as seguintes variáveis: integridade da flora, integridade da fauna, susceptibilidade de solos e das rochas às mencionadas atividades antrópicas, disponibilidade natural e condições climáticas.

A partir do mapeamento de essas áreas será possível determinar, em termos quantitativos e qualitativos, as regiões do Estado com maior potencial de impacto nas águas subterrâneas, apontando as áreas prioritárias para o seu monitoramento.

Deve-se alertar que, em função das restrições orçamentárias para a operação da rede de monitoramento, a densidade de poços poderá compor uma densidade máxima por área estratégica de gestão e deverá ser priorizada a utilização da rede de monitoramento já existente do Estado de Minas Gerais.