

**Tabela 26:** Classes do Índice de Estado Trófico (Rios) e seu Significado.

Valor IET	Classes	Significado
$IET \leq 47$	<b>Ultraoligotrófica</b>	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < IET \leq 52$	<b>Oligotrófica</b>	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre o uso da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < IET \leq 59$	<b>Mesotrófica</b>	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade de água, em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < IET \leq 63$	<b>Eutrófica</b>	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < IET \leq 67$	<b>Supereutrófica</b>	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
$IET > 67$	<b>Hipereutrófica</b>	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Cetesb (2008).

PICCININI, M.R.D. **Distribuições de probabilidade de precipitação de intensidade máxima para Piracicaba, SP.** 1993. 81f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

POMPEU, Cid Tomanik. A gestão das águas e a competência estadual. *In: MACHADO, Carlos José Saldanha (Org.). Gestão de Águas Doces.* Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 39-71.

QUADRO, M. F. L., 1994. **Estudos de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul.** São José dos Campos, (INPE-6341- TDI/593). Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE.

SEABRA, M. S., 2004. **Estudo sobre a Influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Bacias Hidrográficas nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado, COPPE, RJ, RJ.

SEMAD – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Fundação Estadual do Meio Ambiente; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estudos Histórico e Culturais. **A Questão Ambiental em Minas Gerais: discurso e política.** Belo Horizonte, 1998, p. 173-184.

SETTI, Arnaldo Augusto et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 328 p.

SOUZA, S. T. **Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais.** Hidrossistemas-COPASA. Belo Horizonte. 1993.

STRAHLER, A. H; STRAHLER, A. N. **Modern physical geography.** 4th. ed. New York: John Wiley & Sons, 1992.

TESE – TESE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ESPACIAIS. 2008. **Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Alto São Francisco.** Etapa 9: Volume I: Modelos de Avaliação e Gestão. 224 p.

TOLEDO-JR, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J. & AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Balneário Camboriú, Santa Catarina. p. 1- 34. 1983.

TRINDADE, A. L. C. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Rio São Francisco.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 200p. 2013.

VERDIN, K. L.; VERDIN, J. P. A Topological System for Delineation and Codification of the Earth's River Basins. **Journal of Hydrology**, vol. 218, nº 1-2, 1999.

VIDA MEIO AMBIENTE. 2010. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí – GD5.** Resumo Executivo. 145 p.

VIDAL, L. R. **Guia prático de planejamento e organização para comitês de bacia hidrográfica** / Luciana Rocha Vidal; Marisa Seone R. Resende; Orlando Resende – IGS/CeMAIS - Belo Horizonte, 2010.



### **Densidade de Cianobactérias**

As cianobactérias são micro-organismos presentes em ambientes aquáticos e algumas espécies são capazes de produzir toxinas que podem ser prejudiciais à saúde humana e animal. Frente à sua importância para a qualidade de água e saúde pública e ao objetivo de manter a consonância entre os parâmetros monitorados e a legislação vigente, a avaliação da densidade de cianobactérias foi incluída no monitoramento da qualidade das águas do Estado de Minas Gerais a partir de janeiro de 2007. Para tanto, foi definida uma rede de monitoramento que priorizasse locais em que predominam condições potencialmente propícias ao desenvolvimento de florações de cianobactérias, com um total de 136 estações.

### **Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE**

O Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE avalia a distância entre a qualidade da água atual e a meta estabelecida pelo enquadramento de um corpo de água. O enquadramento não reflete necessariamente a qualidade da água atual, mas a qualidade da água que deveria existir para atender os usos desejados no corpo d'água. Os valores do índice variam entre 0 e 100 e os níveis de qualidade são classificados como Inaceitável ( $0 \leq \text{ICE} \leq 45$ ), Regular ( $45 < \text{ICE} \leq 65$ ), Aceitável ( $65 < \text{ICE} \leq 85$ ), Bom ( $85 < \text{ICE} \leq 95$ ) e Excelente ( $95 < \text{ICE} \leq 100$ ).

O ICE traduz a combinação de três fatores que representam a desconformidade dos parâmetros monitorados em relação aos limites de classe previstos na Deliberação Normativa Conjunta CERH/COPAM nº 01/08. Esses três fatores representam: a abrangência do impacto causado pela desconformidade; a frequência com que as desconformidades ocorrem; e a amplitude da desconformidade, isto é, o desvio em relação ao valor objetivo da variável de qualidade da água.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) foi desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of Environment para o acompanhamento da qualidade de água em relação às metas de enquadramento (CCME, 2001). Em Minas Gerais, esse índice já foi aplicado por Mundim (2011) na bacia do rio Verde.

O valor do ICE varia de 0 a 100, sendo que aqueles próximos de zero indicam uma situação em que a condição do corpo hídrico está muito distante do enquadramento desejado, enquanto que valores próximos de cem apontam uma situação de conformidade com o enquadramento, considerando-se os parâmetros selecionados para o cálculo do indicador. O resultado do ICE é dividido em cinco categorias, apresentadas de acordo com a Tabela 27.

**Tabela 27:** Classes do Índice de Conformidade ao Enquadramento e seus Significados

Valor ICE	Classes	Significado
95 < ICE ≤ 100	<b>Excelente</b>	A qualidade de água está protegida com virtual ausência de impactos. A qualidade da água está muito próxima da condição natural.
80 < ICE ≤ 95	<b>Bom</b>	A qualidade da água está protegida, apresentando apenas um pequeno grau de impacto. A qualidade da água raramente se desvia da condição natural ou dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
65 < ICE ≤ 80	<b>Aceitável</b>	A qualidade da água está protegida, mas ocasionalmente ocorrem impactos. A qualidade da água se desvia dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
45 < ICE ≤ 64	<b>Regular</b>	A qualidade da água é frequentemente afetada. Com frequência os parâmetros de qualidade de água não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.
ICE ≤ 45	<b>Inaceitável</b>	A qualidade da água quase sempre está alterada. Os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.

Fonte: Adaptado de CCME (2001).

#### 4.4.3.1.2. Seleção das estações de amostragem e metodologia de análise

A análise do IQA foi baseada na avaliação frequência de ocorrência dos resultados trimestrais, considerando as 522 estações de amostragem da rede básica de monitoramento distribuídas nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais no período de 1997 a 2012.

Para este índice foram realizadas ainda análises de tendência com o intuito de apontar o comportamento das estações ao longo do período de monitoramento, podendo-se indicar a melhoria ou piora no mesmo e assim identificar o que contribuiu para tais situações. Foram avaliados os trechos que possuíam ao menos 10 valores de média

anual de IQA obtidos no período de 2000 a 2012. As bacias que apresentaram dados disponíveis para o período 2000-2012 foram as bacias dos rios Grande, Paraíba do Sul, Jequitinhonha, Mucuri, Paranaíba, Pardo, Doce e São Francisco. Dessa maneira foram selecionadas para o cálculo de tendência as estações de monitoramento localizadas nas calhas dos principais rios que cortam as bacias mineiras, sendo eles: rios Grande, Paraíba do Sul, Jequitinhonha, Mucuri, Pardo, Paranaíba, Doce, Pará, Paraopeba, Velhas e São Francisco.

Para se verificar a tendência das médias anuais de IQA foram realizados testes de Mann-Kendall ou Sazonal Mann-Kendall, seguida de análise de Correlação de Spearman, como descrito por Trindade (2013). O teste de Mann-Kendall é utilizado para identificar tendências em séries de dados e, por ser um teste não-paramétrico, não há premissa de conformação da série com uma distribuição específica. A análise é realizada através da comparação dos valores da série, sendo verificado se os valores sequenciais respeitam uma ordenação. Um resultado absoluto grande desta comparação indica tendência na série. Se o resultado é positivo tem-se tendência de aumento do valor, se negativo tem-se tendência de diminuição do valor (ANA, 2012).

Para as estações que apresentam uma tendência (positiva ou negativa) no teste de Mann-Kendall ou Sazonal Mann-Kendall para um nível de significância inferior a 0,1 (nível de significância  $\alpha = 10\%$ ), realizou-se uma análise de correlação de Spearman, que também é um teste não paramétrico que analisa dados que não seguem uma distribuição

normal. Correlações com valor-p menores que 0,1 foram consideradas significativas, ou seja, houve uma tendência (positiva ou negativa) ao longo do tempo para o IQA em determinada estação.

Foram interpretados como tendência significativa os resultados cujos valores-p foram, simultaneamente, menores que 0,1 para esses dois testes de tendência. O valor da estatística S do teste indicou se houve tendência de elevação (quando os valores são positivos) ou tendência de redução (quando os valores são negativos). Para as estações cujos resultados foram superiores a 0,1 (não significativos) para o teste de correlação, mas significativos apenas no teste de Mann-Kendall ou Sazonal Mann-Kendall, considerou-se esses resultados como possibilidade de redução (quando os valores são positivos) e possibilidade de elevação (quando os valores são negativos).

Quanto à Contaminação por tóxicos, a frequência de ocorrência de CT foi feita utilizando-se os resultados trimestrais das 522 estações de amostragem da rede básica, também no período de 1997 a 2012.

O IET, por vez, foi calculado mediante os resultados obtidos de fósforo e clorofila-a no período de 2007 a 2012, em 514 das 522 estações. Foram consideradas apenas as estações que apresentaram no mínimo 2 resultados de IET calculado em 2012.

A avaliação da densidade de cianobactérias foi baseada na frequência de ocorrência dos resultados trimestrais, considerando as 136 estações de amostragem da rede básica de monitoramento

distribuídas nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais no período de 2000 a 2012.

Por fim, para o cálculo do ICE foram considerados os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação nos anos de 2011 e 2012 e os pontos que possuíam pelo menos quatro resultados nesse período. Desta forma em 402 pontos dos 522 do total de pontos de monitoramento da rede básica em Minas Gerais foi possível realizar o cálculo de ICE. Este índice foi adaptado com o objetivo de representar os fatores de pressão identificados nos corpos de água monitorados no âmbito do Projeto Águas de Minas. Os parâmetros que foram selecionados para o cálculo do mesmo foram: alumínio dissolvido, arsênio total, cianeto livre, clorofila-a, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fenóis totais, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, oxigênio dissolvido, pH in loco, sólidos em suspensão totais, substâncias tensoativas e turbidez.

A Tabela 28 resume, para as principais bacias de Minas Gerais, o número de pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais existentes e o número de pontos para os quais foram atendidos os critérios para cálculos dos índices IQA, IET e ICE, e realização da análise de tendência.

**Tabela 28:** Número de estações na rede básica e das utilizadas para o cálculo dos Índices e da Análise de Tendência.

Bacia Hidrográfica	Estações de monitoramento na rede básica	Estações com IQA	Estações com IET	Estações com ICE	Estações com análise de tendência IQA (2000 – 2012)
Bacias do Leste	8	8	8	6	0
Bacia Rio Doce	64	64	64	64	10
Bacia Rio Grande	72	67	67	63	6
Bacia Rio Jequitinhonha	21	21	21	21	9
Bacia Rio Mucuri	11	11	11	11	4
Bacia Rio Paraíba do Sul	43	43	43	29	2
Bacia Rio Paranaíba	43	43	43	40	6
Bacia Rio Pardo	5	5	5	5	3
Bacia Rios Itapemirim e Itabapoana	4	4	4	4	0
Bacia Rios Piracicaba e Jaguari	9	9	9	-	-
Bacia Rio São Francisco	242	239	239	159	46
<b>Total</b>	<b>522</b>	<b>514</b>	<b>514</b>	<b>402</b>	<b>89</b>

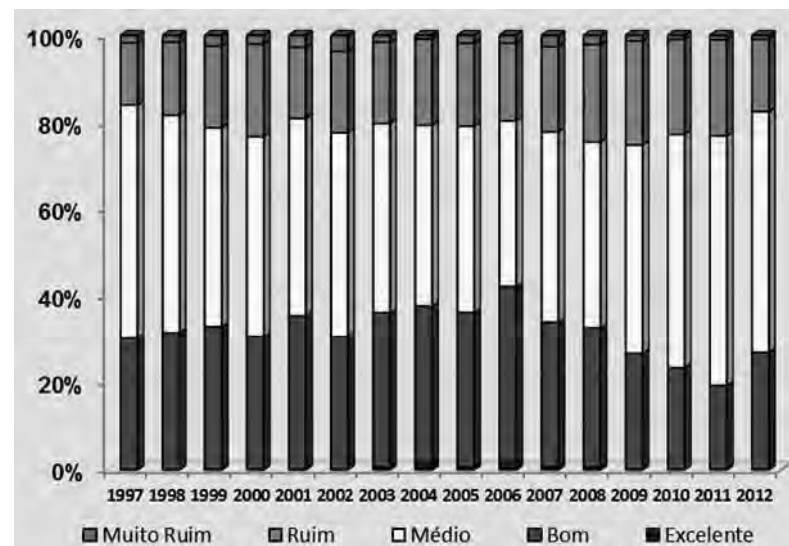
#### 4.4.3.1.3. Diagnóstico da qualidade das águas superficiais

##### Índice de Qualidade das Águas – IQA

Em relação ao índice de Qualidade das Águas (IQA) observa-se que ao longo dos anos vem predominando a condição média ou regular (IQA Médio) no Estado de Minas Gerais (Gráfico 21). Na comparação dos últimos dois anos verificou-se melhoria da qualidade das águas, uma vez que houve um aumento na ocorrência de águas de qualidade boa (IQA Bom) de 19% em 2011 para 27% em 2012 e a diminuição na ocorrência de águas de qualidade ruim (IQA Ruim) de 22% em 2011

para 17% em 2012. A qualidade regular (IQA Médio) reduziu de 58% em 2011 para 55% no ano seguinte (Gráfico 21).

**Gráfico 21:** Frequência de ocorrência do IQA no Estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento



Na Figura 89 é apresentado o mapa com as médias anuais<sup>40</sup> de IQA obtidas no ano de 2012 nas estações de amostragem do Estado de Minas Gerais. É possível verificar a predominância da qualidade regular em todo o estado. As estações de monitoramento cujos valores da média anual do IQA indicaram qualidade ruim e muito ruim são observadas, principalmente, próximas a grandes centros urbanos

<sup>40</sup> Para o cálculo do IQA médio anual de uma estação de monitoramento é considerado a média dos valores obtidos nas medições realizadas naquela estação ao longo do ano.

como à Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) na sub-bacia do rio das Velhas (SF5), aos municípios de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará na sub-bacia do rio Pará (SF2) e ao município de Betim na sub-bacia do rio Paraopeba (SF3). Essa condição é favorecida principalmente pelo lançamento de grandes quantidades de esgotos domésticos lançados sem tratamento nos corpos de água. Contudo, corpos de água com qualidade boa estão distribuídos por todo o Estado, como observado no mapa apresentado na Figura 95.

Na Tabela 29 é apresentada a relação de bacias e as respectivas estações de amostragem que apresentaram pelo menos duas campanhas de amostragem com resultados de IQA na faixa de qualidade Muito Ruim no ano de 2012. Desta forma, esses corpos de água foram considerados como tendo as piores condições de qualidade das águas do Estado de Minas Gerais no ano em questão.

Uma delas está localizada no ribeirão das Areias a montante de sua foz no rio Betim, na sub-bacia do rio Paraopeba. Nessa região o impacto pode ser atribuído ao lançamento do esgoto sanitário da cidade de Betim.

No ribeirão Arrudas próximo à sua foz no rio das Velhas e no córrego Caeté a jusante do município de Caeté, localizados na sub-bacia do rio das Velhas, a qualidade muito ruim está associada aos efluentes de indústrias químicas, alimentícias e têxteis e aos lançamentos de esgotos domésticos dos municípios da RMBH localizados a montante destes trechos. Ressalta-se a importância da continuidade das ações de implantação de interceptores que direcionem os esgotos até a ETE

Arrudas, bem como alternativas de melhoria de eficiência da mesma, para se verificar melhorias significativas nos resultados desse indicador.

Na sub-bacia do rio Pará o destaque foi para o córrego do Pinto ou Córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará, cuja qualidade muito ruim pode ser associada ao lançamento de esgoto sanitário deste município e aos efluentes das indústrias têxteis e curtumes presentes na região. No ribeirão da Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana a qualidade muito ruim pode ser atribuída ao lançamento de esgoto sanitário de Nova Serrana e à presença de curtumes neste município.

**Tabela 29:** Estações de amostragem que apresentaram as piores condições de IQA no Estado de Minas Gerais em 2012.

Sub-Bacia	Código da Estação	Corpo de Água	Município	Resultados IQA - 2012				
				1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	Média anual
Rio Paraopeba	BP073	Riacho das Pedras ou Ribeirão das Areias	Betim	25,9	29,6	17,6	13,4	21,6
Rio das Velhas	BV155	Ribeirão Arrudas	Sabará	31,3	25,1	17,9	17,3	22,9
	SC03	Córrego Caeté	Caeté	41,0	34,8	21,6	18,8	29,0
Rio Pará	PA020	Ribeirão Fartura ou Gama	Nova Serrana	28,4	26,1	18,1	17,4	22,5
	PA034	Córrego do Pinto ou Córrego Buriti	São Gonçalo do Pará	26,6	22,0	18,9	14,4	20,5



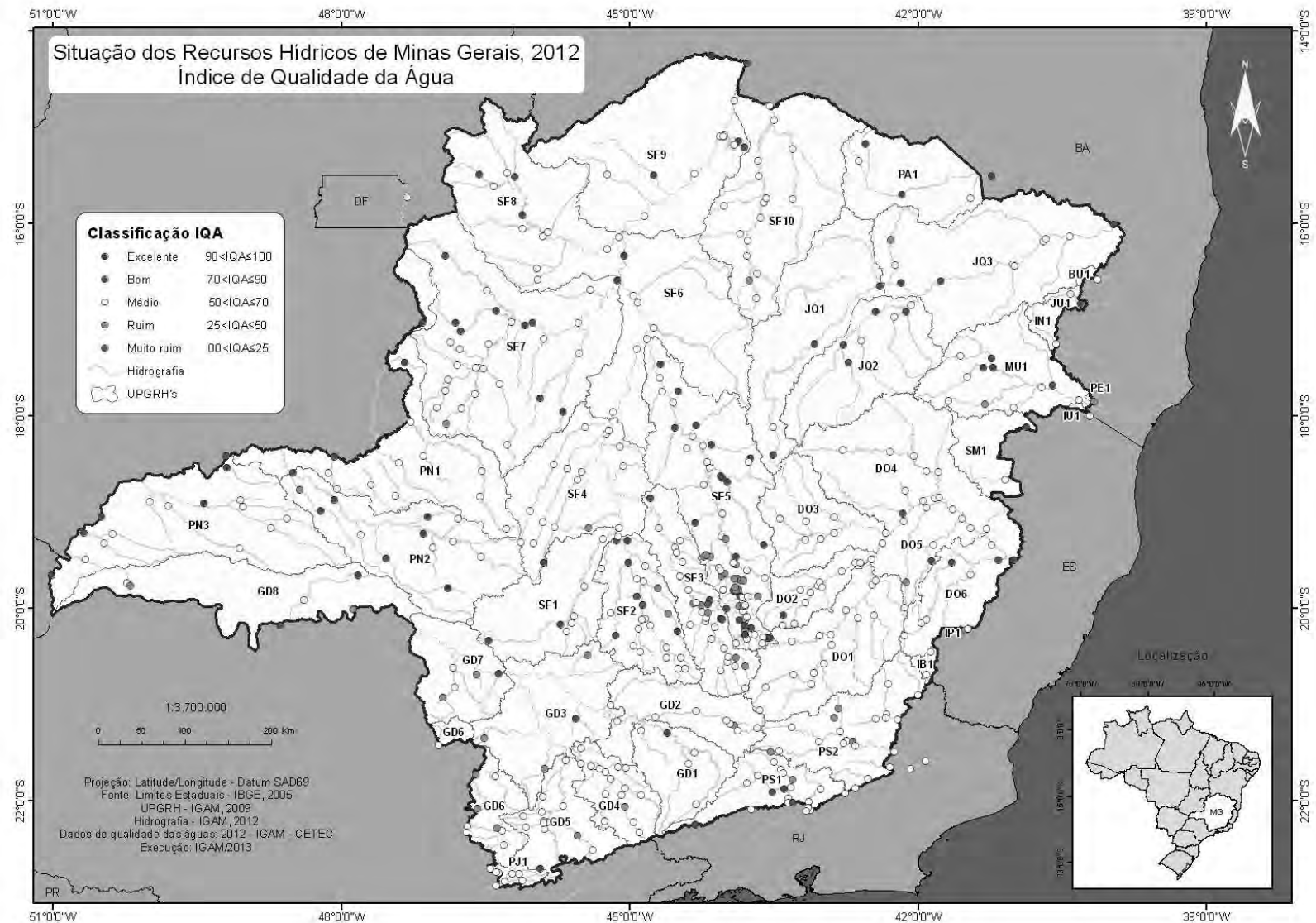


Figura 89: Índice de Qualidade da Água no Estado de Minas Gerais em 2012.

### **Análise de Conformidade à Legislação dos Parâmetros que integram o IQA**

Nessa análise foram considerados os parâmetros utilizados no cálculo do IQA utilizados no Estado de Minas Gerais. Os valores de coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH in loco e nitrato referentes aos anos de 1997 (início do programa de monitoramento) e 2012 foram analisados quanto à frequência com que estiveram em desconformidade com limites estipulados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, considerando os respectivos limites de classe de enquadramento de cada trecho.

Analisando-se alguns dos parâmetros que compõem o IQA (coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH in loco e nitrato), observa-se que, em 2012 69% das 2.033 análises de coliformes termotolerantes estiveram em desconformidade com o limite de classe de enquadramento determinado pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 (Gráfico 22). Os coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação microbiológica e da possibilidade da ocorrência de patógenos associados às doenças de veiculação hídrica, o que prejudica a utilização dessas águas para vários usos, como a recreação de contato primário.

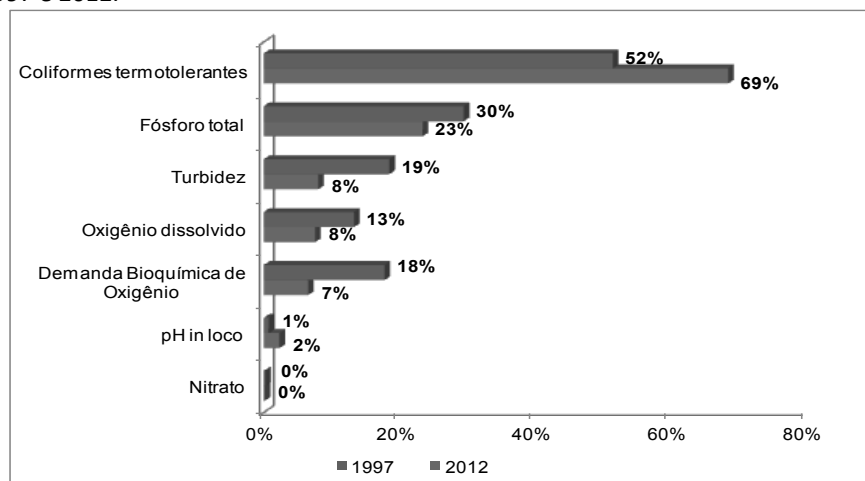
Com relação ao fósforo total 23% dos resultados apresentaram violação do limite legal. As violações de turbidez e oxigênio dissolvido representaram 8% dos resultados do ano de 2012, seguidos de

demanda bioquímica de oxigênio e pH in loco, com 7% e 2%, respectivamente. O parâmetro nitrato apresentou apenas 2 violações, em um total de 2.035 análises realizadas em 2012. Esses resultados refletem principalmente a carência de tratamento de esgotos domésticos em Minas Gerais.

Contudo, na comparação entre os períodos de 1997 e 2012 verifica-se uma diminuição no percentual de violações dos parâmetros turbidez e DBO (cerca de 11 pontos percentuais), seguidos dos parâmetros fósforo total (cerca de 7 pontos percentuais) e OD (cerca de 5 pontos percentuais) no Estado de Minas Gerais (Gráfico 22). A exceção foi o parâmetro coliformes termotolerantes que apresentou um aumento nas porcentagens de violações (cerca de 17 pontos percentuais).

As reduções dos percentuais de violações dos DBO e OD podem ser resultado dos investimentos em tratamento de esgotos no Estado. Entretanto, o nível de tratamento implantado até o momento nas ETES não é capaz de reduzir os valores de coliformes termotolerantes. Já em relação ao fósforo, vale destacar que em 2005 foi publicada a Resolução CONAMA nº 359 que estabelece critérios para a utilização de fósforo (tripolifosfato de sódio - STPP) na formulação de detergentes em pó em todo o território nacional, o que pode ter contribuído para a redução dos teores de fósforo total nos corpos de água avaliados.

**Gráfico 22:** Porcentagem de violação dos parâmetros que compõem o IQA no ano de 1997 e 2012.



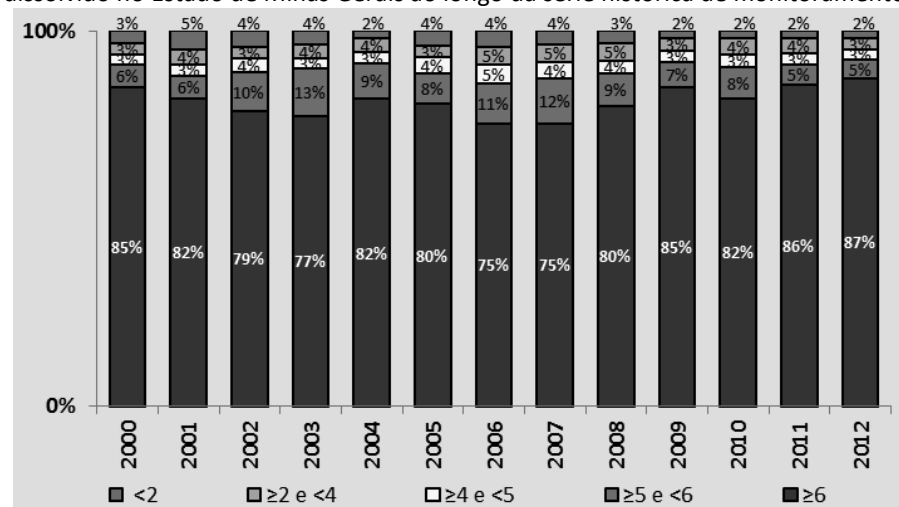
### Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) na água é um parâmetro importante no que se refere à manutenção da vida aquática e dos processos bioquímicos que ocorrem nesse ambiente. Valores menores que 2 mg/L representam o comprometimento da vida aquática e o desequilíbrio desses ecossistemas (ANA, 2012).

Essa avaliação foi baseada na frequência de ocorrência dos resultados trimestrais de oxigênio dissolvido, considerando as 522 estações de amostragem da rede básica de monitoramento distribuídas nas bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais no período de 2000 a 2012. Para facilitar a visualização dos resultados de OD, dividiram-se todos os resultados da série analisada (2000 a 2012) em cinco intervalos de

valores, como mostrado no Gráfico 23. Na comparação dos últimos três anos verificou-se melhoria nos teores de OD, uma vez que houve um aumento na ocorrência de valores de oxigênio dissolvido maior ou igual a 6 mg/L que passou de 82% em 2010 para 86% em 2011 e 87% em 2012.

**Gráfico 23:** Frequência de ocorrência dos resultados trimestrais do oxigênio dissolvido no Estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento.



Na Figura 90 é apresentado o valor médio anual dos resultados de oxigênio dissolvido em 2012 em cada estação de amostragem. Do total de resultados obtidos, 93% apresentaram valor médio anual de oxigênio dissolvido maior ou igual a 5 mg/L, portanto dentro do limite considerado adequado para a preservação das comunidades aquáticas, segundo o limite legal para águas enquadradas como Classe 2. Vale destacar que, de todos os resultados considerados, aqueles que possuem valores inferiores a 2 mg/L representam 1% das estações

de monitoramento avaliadas. Estes valores foram predominantes nos corpos d'água que banham os grandes centros urbanos (Figura 96).

Na Tabela 30 é apresentada a relação de bacias e as respectivas estações de amostragem que apresentaram pelo menos três campanhas de amostragem valores de oxigênio dissolvido inferiores a 2 mg/L no ano de 2012.

Na bacia do rio Grande, na estação localizada no córrego Gameleiras a montante do reservatório de Volta Grande (BG057), a baixa concentração de OD está relacionada aos lançamentos de efluentes do complexo industrial de fabricação de fertilizantes presente no município de Uberaba.

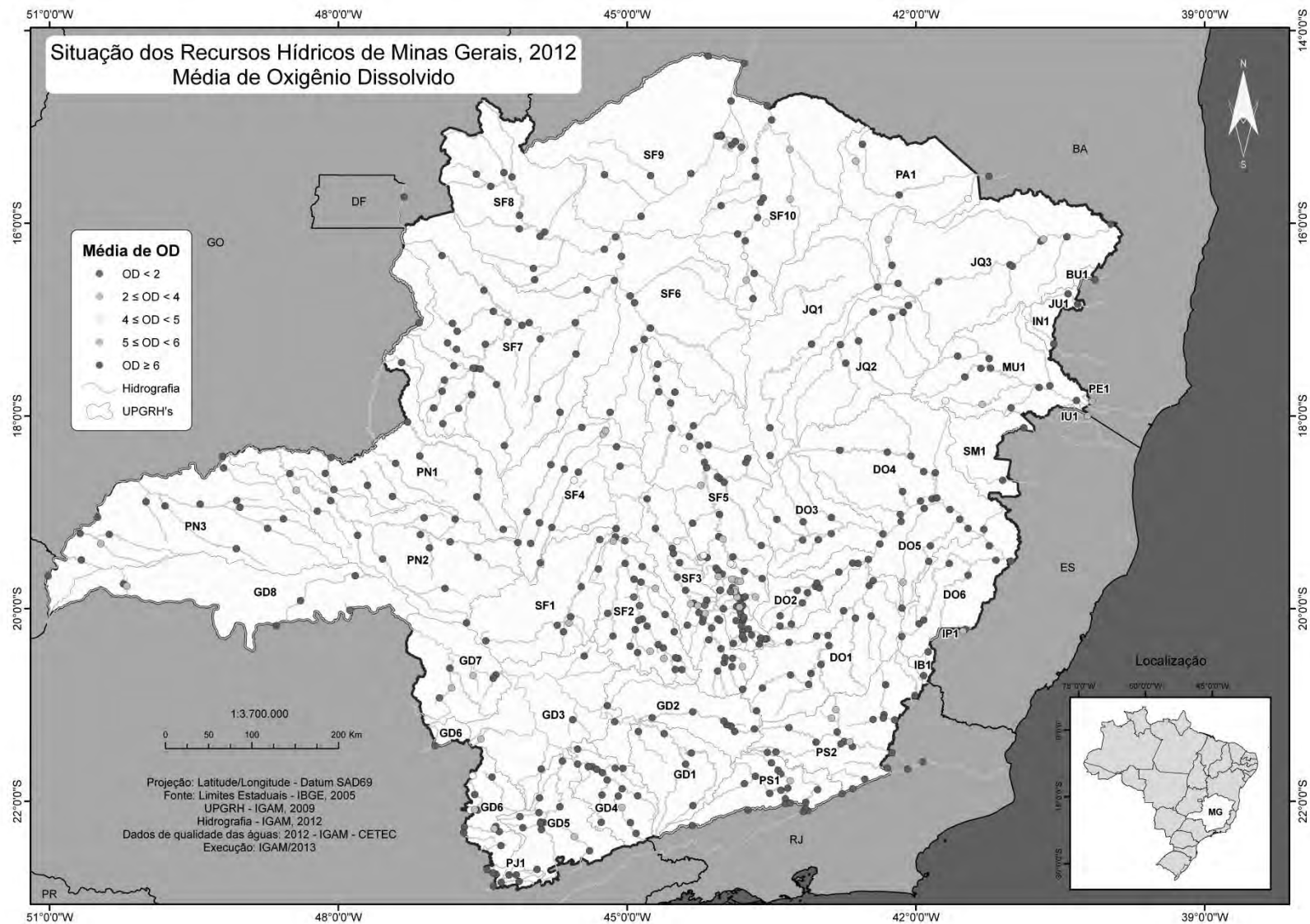
Na bacia do rio Paraopeba, no ribeirão Serra Azul em Juatuba (BP069), os resultados de OD devem-se aos lançamentos de esgotos sanitários do município de Juatuba.

Na bacia do rio das Velhas, no ribeirão do Onça próximo à sua foz no rio das Velhas (BV154) os baixos valores de OD estão associados ao recebimento da carga total ou parcial dos esgotos domésticos e do diversificado parque industrial dos municípios de Belo Horizonte e Contagem.

Considerando a bacia do rio Pará, o córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) tem baixas quantidades de OD devido aos lançamentos de esgotos sanitários desse município e à presença de indústrias têxteis e de curtumes na região. Ainda nessa bacia destaca-se o ribeirão da Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (PA020) cujas ocorrências de baixos níveis de OD podem ser devido aos lançamentos de esgotos sanitários de Nova Serrana e à presença de curtumes neste município.

**Tabela 30:** Estações de amostragem que apresentaram as piores condições de OD em 2012.

Bacia	Estação	Corpo de água	Município	Resultados OD 2012				
				1º Trim.	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.	Média anual
Rio Grande	BG057	Córrego Gameleiras	Uberaba	1,0	1,4	2,0	1,0	1,4
Rio Paraopeba	BP069	Ribeirão Serra Azul	Juatuba	7,3	1,4	0,8	0,8	2,6
Rio das Velhas	BV154	Ribeirão do Onça	Santa Luzia	1,7	6,1	1,7	1,3	2,7
Rio Pará	PA020	Ribeirão da Fartura	Nova Serrana	3,6	1,8	1,5	0,5	1,9
	PA034	Córrego Buriti ou Córrego do Pinto	São Gonçalo do Pará	1,6	0,9	0,7	0,5	0,9



**Figura 90:** Pontos de monitoramento e respectivas classes de oxigênio dissolvido no Estado de Minas Gerais em 2012.

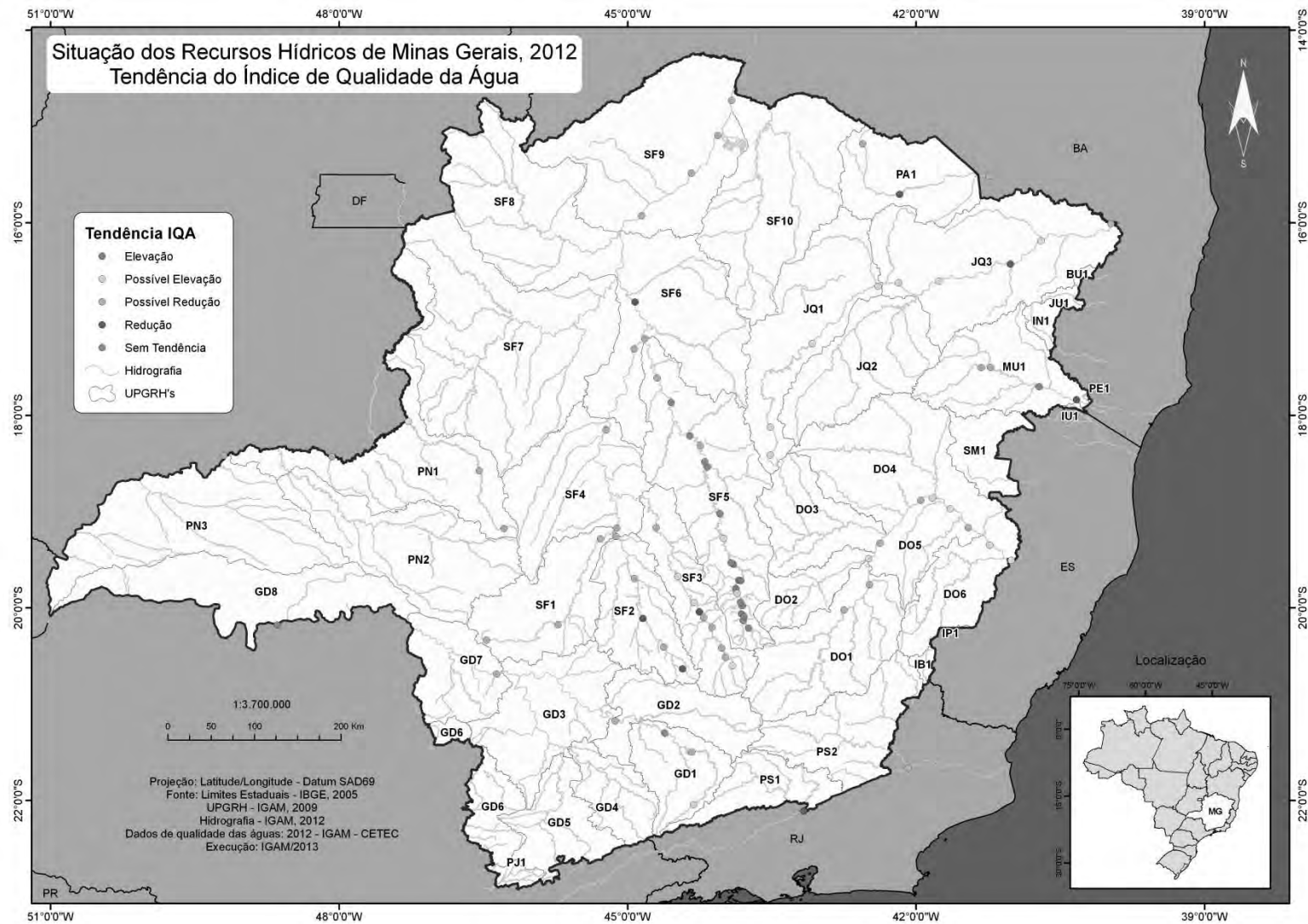
### **Análise de Tendência do IQA para o período de 2000-2012**

A partir das séries históricas foi possível analisar a tendência do IQA para o período 2000-2012. As bacias que apresentaram dados disponíveis para o período 2000-2012 foram as bacias dos rios Grande, Paraíba do Sul, Jequitinhonha, Mucuri, Paranaíba, Pardo, Doce e São Francisco, sendo que para esse último foram incluídas também as sub-bacias dos rios Pará, Paraopeba e Velhas.

Entre as 85 estações analisadas (Figura 91), 47 estações (55%) apresentaram tendência ou possibilidade de redução (piora) e 23 estações (27%) apresentaram tendência ou possibilidade de elevação (melhora). Das 13 estações que apresentaram tendência simultaneamente nos dois testes realizados pela metodologia adotada, 5 (6%) apresentaram tendência de elevação do IQA e 8 (9%) apresentaram tendência de redução. Vale ressaltar que essa análise se refere apenas as estações analisadas nos onze corpos de água que cortam as principais bacias e sub-bacias do Estado de Minas Gerais e que apresentavam séries históricas disponíveis, não sendo, portanto, representativa do que ocorre em todas as bacias.

Destaca-se que todos os pontos que apresentaram elevação do IQA (melhora) encontram-se na sub-bacia do rio das Velhas, resultado dos investimentos em saneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Além do tratamento dos esgotos, outros motivos prováveis para as tendências de aumento do IQA são programas de proteção de nascentes, capacitação de operadores de ETE'S e gestores municipais,

educação ambiental, fiscalização ambiental, além da melhoria de controle de fontes industriais (Tabelas 31 e 32).



**Figura 91:** Estações de monitoramento utilizadas na análise de tendência do IQA, com destaque para estações que apresentaram melhora (elevação) ou piora (redução) do indicador, no período de 2000-2012.

**Tabela 31:** Estações de amostragem que apresentaram tendência de elevação do IQA no Estado de Minas Gerais.

Bacia	Curso de água/ Código da Estação	Município	IQA			Motivo Provável da Tendência
			2000	2006	2012	
Rio São Francisco	Rio das Velhas/BV083	Sabará	38	40	39	Implementação da ETE Arrudas em Belo Horizonte.
	Rio das Velhas/BV105	Santa Luzia	30	29	34	Implementação das ETEs Onça e Arrudas em Belo Horizonte.
	Rio das Velhas/BV153	Santa Luzia	27	28	37	Implementação das ETEs Onça e Arrudas em Belo Horizonte.
	Rio das Velhas/SC16	Santa Luzia	-	29	37	Implementação das ETEs Apac, Cristina, Bom Destino Norte e Sul em Santa Luzia.
	Rio das Velhas/BV137	Lagoa Santa	31	39	49	Implementação das ETEs Onça e Arrudas em Belo Horizonte.

**Tabela 32:** Estações de amostragem que apresentaram tendência de redução do IQA no Estado de Minas Gerais.

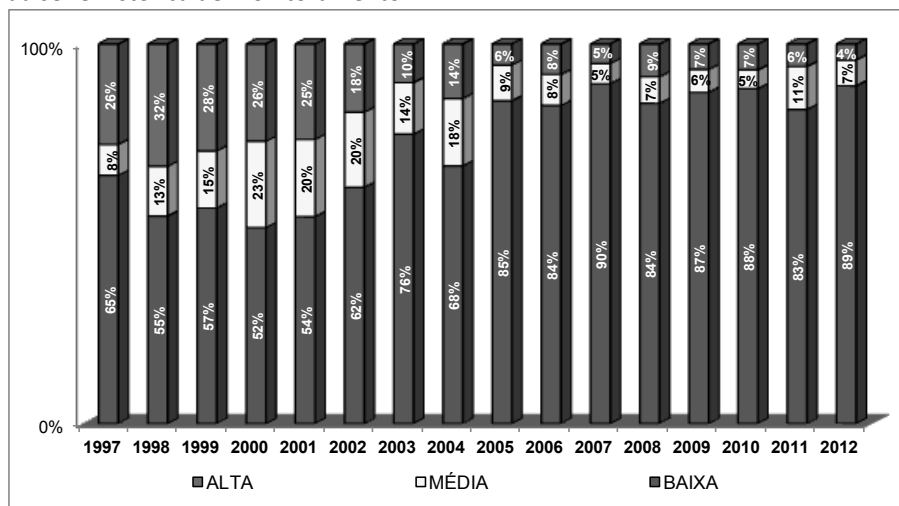
Bacia	Curso de água/ Código da Estação	Município	IQA			Motivo Provável da Tendência
			2000	2006	2012	
Rio Jequitinhonha	Rio Jequitinhonha/JE021	Jequitinhonha	66	75	62	Crescimento populacional e da atividade pecuária.
Rio Mucuri	Rio Mucuri/MU013	Nanuque	62	60	57	Crescimento da atividade pecuária.
Rio Paraíba do Sul	Rio Paraíba do Sul/BS060	Três Rios (RJ)	61	63	56	Crescimento populacional, carga difusa e erosão.
Rio Pardo	Rio Pardo/PD003	Indaiabira	76	78	75	Crescimento populacional e silvicultura.
Rio São Francisco	Rio Paraopeba/BP070	Betim/São Joaquim de Bicas	61	58	55	Crescimento populacional e urbanização de Betim e São Joaquim de Bicas.
	Rio Pará/PA001	Passa Tempo	63	59	66	Aumento de indústria de laticínios.
	Rio Pará/PA005	Carmo do Cajuru/Divinópolis	69	74	68	Crescimento de atividade agropecuária.
	Rio São Francisco/SF023	Ibiaí	73	66	67	Carga difusa e atividades minerárias (extração de areia).



### Contaminação por Tóxicos – CT

Com relação aos contaminantes tóxicos, observa-se o predomínio dos resultados de CT Baixa no Estado de Minas Gerais (Gráfico 24). Na comparação dos últimos dois anos, verificou-se a redução da CT Alta de 6% para 4%, de CT Média de 11% para 7% e o consequente aumento da CT Baixa de 83% para 89%.

**Gráfico 24:** Frequência de ocorrência de CT no Estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento.



O mapa com o resultado anual de CT obtido em 2012 é apresentado na Figura 92<sup>41</sup>. Observa-se a predominância da contaminação baixa em todo o estado. Também se percebe que a contaminação Média apresenta-se dispersa em pontos de todas as

<sup>41</sup> Para o cálculo do resultado anual de CT de uma estação de monitoramento é considerada a pior condição do indicador obtida nas medições realizadas naquela estação ao longo do ano.

bacias hidrográficas do estado. Já a contaminação Alta ocorre principalmente próxima a grandes centros urbanos como à Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em toda a extensão do rio das Velhas, além das sub-bacias do rio Pará e do rio Paracatu. Essa condição é favorecida pela presença de áreas urbanas, indústrias, mineração e uso de insumos agrícolas nessas regiões.

Na Tabela 33 é apresentada a relação de bacias e suas respectivas estações de amostragem, que apresentaram resultado de CT Alta em pelo menos dois trimestres no ano de 2012, sendo, portanto, as piores condições de contaminação das águas do Estado de Minas Gerais.

Dentre essas estações, 16 encontram-se na sub-bacia do rio das Velhas, sendo elas: no rio das Velhas na cidade de Santana do Pirapama (BV141), a jusante do ribeirão Santo Antônio (BV142), a jusante do rio Pardo Grande (BV146), na cidade de Várzea da Palma (BV148), a montante da sua foz no rio São Francisco em Guaicuí (BV149), a jusante do rio Paraúna, na localidade de Senhora da Glória (BV150), a jusante do córrego do Vinho em Lassance (BV151), entre os rios Paraúna e Pardo Grande (BV152), a jusante do rio Jaboticatubas (BV156), além do ribeirão Poderoso a jusante da ETE Cristina em Santa Luzia (SC14), ribeirão do Matadouro a jusante dos lançamentos de esgoto de Sete Lagoas (SC26), ribeirão Água Suja próximo à sua foz no rio das Velhas (BV062), córrego do Diogo a montante de Sete Lagoas (SC25), córrego Caeté a jusante do lançamento de esgoto de Caeté (SC03).

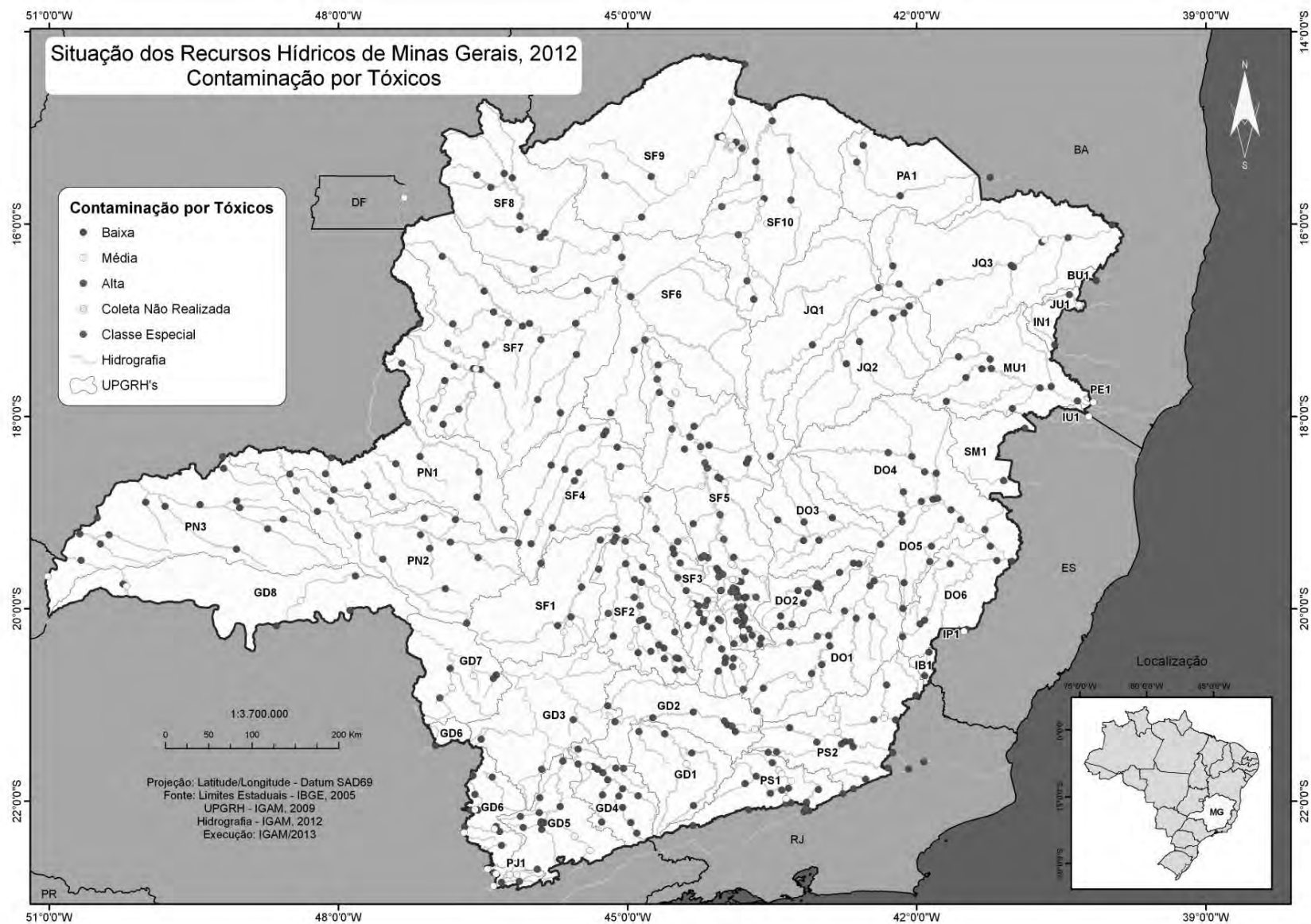


Figura 92: Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais em 2012.

**Tabela 33:** Estações de amostragem que apresentaram as piores condições de CT no Estado de Minas Gerais em 2012.

Sub-Bacia	Estação	Curso D'água	Municípios	Resultados CT - 2012			
				1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri
Rio das Velhas	BV141	Rio das Velhas	Santana de Pirapama	ALTA	MÉDIA	ALTA	ALTA
	BV142	Rio das Velhas	Presidente Juscelino	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	BV146	Rio das Velhas	Corinto	ALTA	MÉDIA	ALTA	ALTA
	BV148	Rio das Velhas	Várzea da Palma	ALTA	BAIXA	ALTA	ALTA
	BV149	Rio das Velhas	Várzea da Palma	ALTA	BAIXA	MÉDIA	ALTA
	BV150	Rio das Velhas	Santo Hipólito	ALTA	MÉDIA	ALTA	ALTA
	BV151	Rio das Velhas	Lassance	ALTA	BAIXA	ALTA	ALTA
	BV152	Rio das Velhas	Santo Hipólito	ALTA	MÉDIA	ALTA	ALTA
	BV156	Rio das Velhas	Baldim	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	SC14	Ribeirão Poderoso	Santa Luzia	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	SC26	Ribeirão do Matadouro	Sete Lagoas	MÉDIA	ALTA	ALTA	ALTA
	BV062	Ribeirão Água Suja	Nova Lima	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	SC25	Córrego do Diogo	Sete Lagoas	BAIXA	ALTA	ALTA	ALTA
	SC03	Córrego Caeté	Caeté	BAIXA	MÉDIA	ALTA	ALTA
Rio Doce	RD009	Rio do Carmo	Mariana	ALTA	ALTA	BAIXA	MÉDIA
Rio Grande	BG071	Córrego Liso	São Sebastião do Paraíso	ALTA	ALTA	ALTA	BAIXA
Rio Pará	PA020	Ribeirão da Fartura	Nova Serrana	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	PA034	Córrego Buriti ou Córrego do Pinto	São Gonçalo do Pará	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Rio Paraopeba	BP073	Ribeirão das Areias ou Riacho das Pedras	Betim	MÉDIA	ALTA	ALTA	ALTA
Rio Verde Grande	VG003	Ribeirão dos Vieiras ou Rio dos Vieiras	Montes Claros	MÉDIA	ALTA	ALTA	ALTA

No rio das Velhas e no ribeirão Água Suja, a contaminação Alta se deu por arsênio, cujas fontes presentes na respectiva sub-bacia concentram-se em seu alto curso, na região de Nova Lima, onde estão localizadas as fontes naturais. Entretanto, o beneficiamento de minério de ouro contribui para sua disponibilização para o corpo de água.

No córrego Caeté a contaminação alta se deu por nitrogênio amoniacal, podendo ser atribuída a efluentes industriais (curtume, alimentos, frigoríficos e metalurgia) e esgotos sanitários de Caeté, como os principais fatores de pressão para esse parâmetro.

Ainda na sub-bacia do rio das Velhas, o parâmetro nitrogênio amoniacal foi o responsável pelas contaminações tóxicas detectadas no ribeirão Poderoso a jusante da ETE Cristina em Santa Luzia (SC14), ribeirão do Matadouro a jusante dos lançamentos de esgoto de Sete Lagoas (SC26) e córrego do Diogo a montante de Sete Lagoas (SC25). Isso pode ser atribuído, respectivamente, aos esgotos de Santa Luzia e Sete Lagoas.

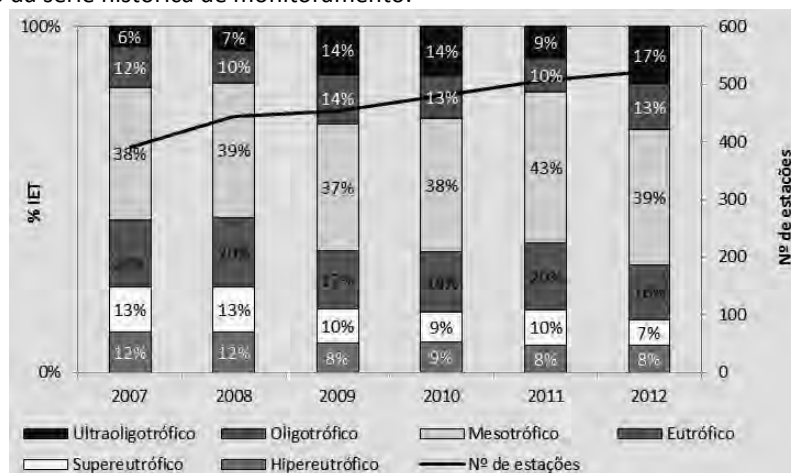
Em relação à bacia do rio Doce, foi detectada contaminação alta por arsênio no rio do Carmo em Monsenhor Horta (RD009). Vale ressaltar que no distrito de Passagem de Mariana funcionaram, por várias décadas, fábricas de óxido de arsênio, aproveitado como subproduto do minério. Os rejeitos de minério ricos em arsênio foram estocados às margens de riachos ou lançados diretamente nas drenagens, provocando grande comprometimento ambiental do solo e da água na região. Os resultados de arsênio no rio do Carmo no trecho que cruza

o município de Mariana podem estar associados, portanto, a este cenário de degradação do passado. Atividades minerárias na bacia do rio Doce também geram a violação deste parâmetro.

### Índice de Estado Trófico – IET

Esse índice apresentou predominância das categorias mais baixas (Ultraoligotrófico, Oligotrófico e Mesotrófico) em 2012 (Gráfico 25), as quais conjuntamente representam 67% dos resultados obtidos, seguindo a mesma tendência observada nos anos anteriores. No entanto, as condições mais favoráveis à eutrofização, representadas pelas categorias mais altas de IET (faixas Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico), representam conjuntamente 33% dos resultados, sendo verificada uma diminuição em relação ao ano de 2011, quando representaram conjuntamente 31% dos resultados.

**Gráfico 25:** Frequência de ocorrência do IET trimestral no Estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento.



As melhores condições de IET foram observadas nas bacias hidrográficas do rio Jaguari, do rio Paranaíba e do rio Doce (Figura 93). As sub-bacias do rio Verde Grande (UPGRH SF10), do rio das Velhas (SF5), dos rios Jequitai e Pacuí (SF6) e dos rios Pandeiros e Calindó (SF9), pertencentes à bacia do rio São Francisco, apresentaram as piores condições em relação ao IET (condição Hipereutrófica) devido, principalmente, aos lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais de grandes centros urbanos, como a Região Metropolitana de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Montes Claros, como também de cidades menos populosas, como Ibiaí e Iturama. Além do impacto causado pelo lançamento de esgoto sanitário, destaca-se também o aporte de nutrientes advindos das áreas agrícolas das regiões do norte de Minas. A maior parte das estações com IET mais elevado concentram-se na bacia hidrográfica do rio das Velhas, principalmente naquelas a jusante da RMBH.

Na Tabela 34 é apresentada a relação de bacias e as respectivas estações de amostragem que apresentaram pelo menos três campanhas de amostragem com resultados de IET na condição Hipereutrófica no ano de 2012. De acordo com a CETESB (2008) esses resultados indicam que esses corpos d'água são afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

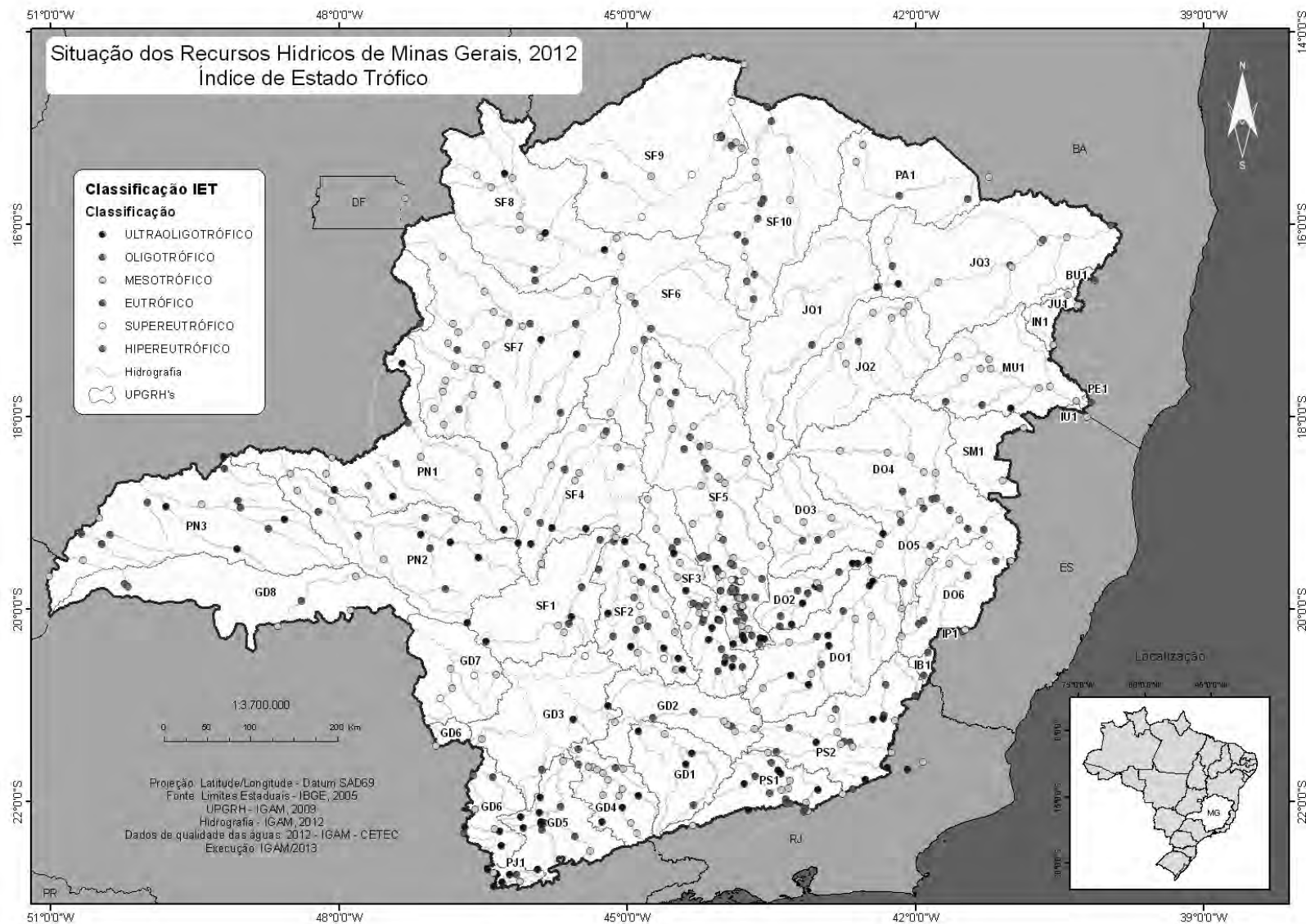


Figura 93: Índice de Estado Trófico no Estado de Minas Gerais em 2012.

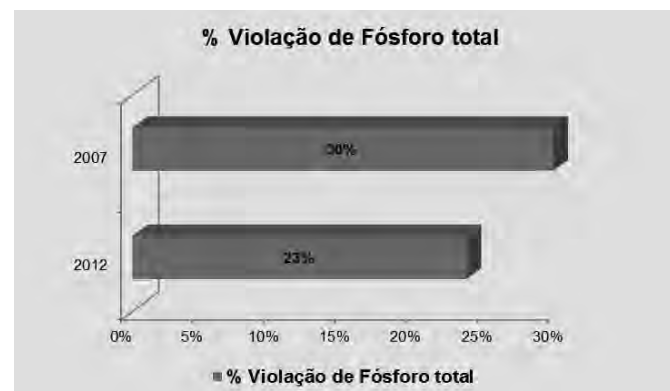
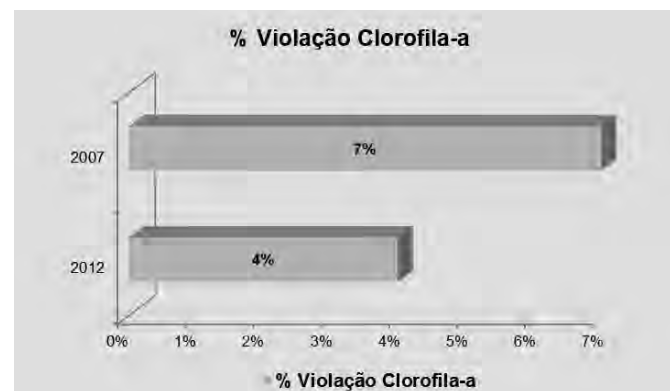
**Tabela 34:** Estações de amostragem que apresentaram as piores condições de IET no ano de 2012 no Estado de Minas Gerais.

Bacia	Estação	Corpo de Água	Município	Resultados de IET - 2012				
				1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	Média Anual
Rio Grande	BG086	Córrego Santa Rosa	Iturama	75	71	68	73	72
Rio Paraopeba	BP071	Rio Betim	Betim, Juatuba	70	69	68	71	70
	BP073	Ribeirão das Areias	Betim	74	75	72	81	76
Rio das Velhas	BV141	Rio das Velhas	Santana de Pirapama	64	68	75	69	69
	BV142		Inimutaba, Presidente Juscelino	62	71	76	67	69
	BV155	Ribeirão Arrudas	Sabará	69	69	73	70	70
	SC10	Ribeirão do Onça	Santa Luzia	71	81	78	70	75
	SC26	Ribeirão do Matadouro	Sete Lagoas	72	68	74	74	72
Rio São Francisco	SF023	Rio São Francisco	Ibiaí	69	73	69	59	68
	VG003	Ribeirão dos Veiras	Montes Claros	70	72	68	73	70

### Análise de Conformidade à Legislação dos Parâmetros que integram o IET

Analisando os parâmetros clorofila-a e fósforo total, que compõem o IET, para os anos 2007 e 2012, observa-se uma redução das violações de clorofila-a, de 7% para 4%, e fósforo total, de 30% para 23% (Gráfico 26). Como mencionado anteriormente o controle do aporte de fósforo nas águas principalmente pela limitação da presença de tripolifosfato de sódio (STPP) nos detergentes, pode ter contribuído para a redução do aporte desse nutriente, que é um dos principais limitantes do crescimento biológico no ambiente aquático.

**Gráfico 26:** Porcentagem de violações dos parâmetros clorofila-a e fósforo nas estações de amostragem da rede básica de monitoramento nos anos de 2007 e 2012.

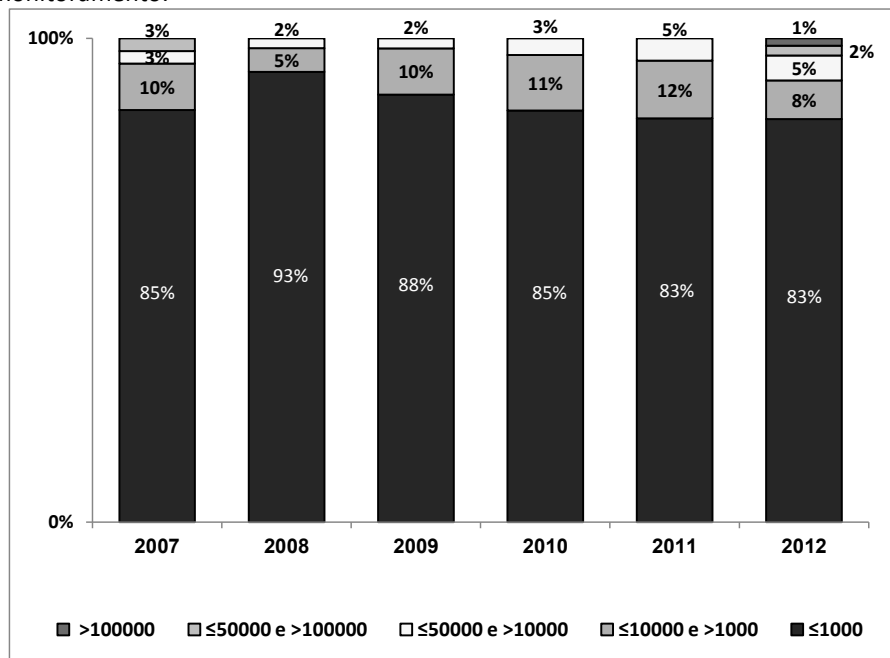


### Densidade de Cianobactérias

Os resultados da série analisada (2000 a 2012) foram divididos em cinco intervalos de valores, como mostrado na Gráfico 27, de forma a facilitar a visualização. Na comparação dos últimos dois anos verificou-

se um aumento da ocorrência de densidade de cianobactérias em contagens superiores a 50.000 cél/ mL, que passou de 0% em 2010 para 3% em 2012.

**Gráfico 27:** Frequência de ocorrência dos resultados trimestrais da densidade de cianobactérias no Estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento.



Na Figura 94 é apresentado o valor médio anual dos resultados de densidade de cianobactérias em 2012 nas 136 estações onde este

indicador é avaliado. Do total de resultados obtidos, 83% apresentaram valor médio anual de densidade de cianobactérias inferiores ou iguais a 10.000 cél/mL, que é o valor máximo permitido no caso de uso para recreação de contato primário, segundo o limite legal para águas enquadradas como Classe 1 e 2. Vale destacar que, de todos os resultados trimestrais considerados, aqueles que possuem valores superiores a 50.000 cél/mL representam apenas 1% das estações de monitoramento avaliadas. Estes valores foram predominantes no rio das Velhas, rio São Francisco e rio Doce (Tabela 35).

As maiores densidades de cianobactérias registradas no rio das Velhas e no rio São Francisco ocorreram principalmente no seu médio/baixo curso e refletem os impactos do aporte de nutrientes para corpos de água dessas bacias, proveniente de lançamento de esgotos domésticos e industriais, bem como das atividades de agropecuária desenvolvidas nessas regiões.

No rio Doce as elevadas densidades de cianobactérias foram favorecidas pela contribuição de nutrientes advindos principalmente dos lançamentos de esgotos domésticos dos municípios de Governador Valadares, Tumiritinga, Conselheiro Pena e Resplendor.

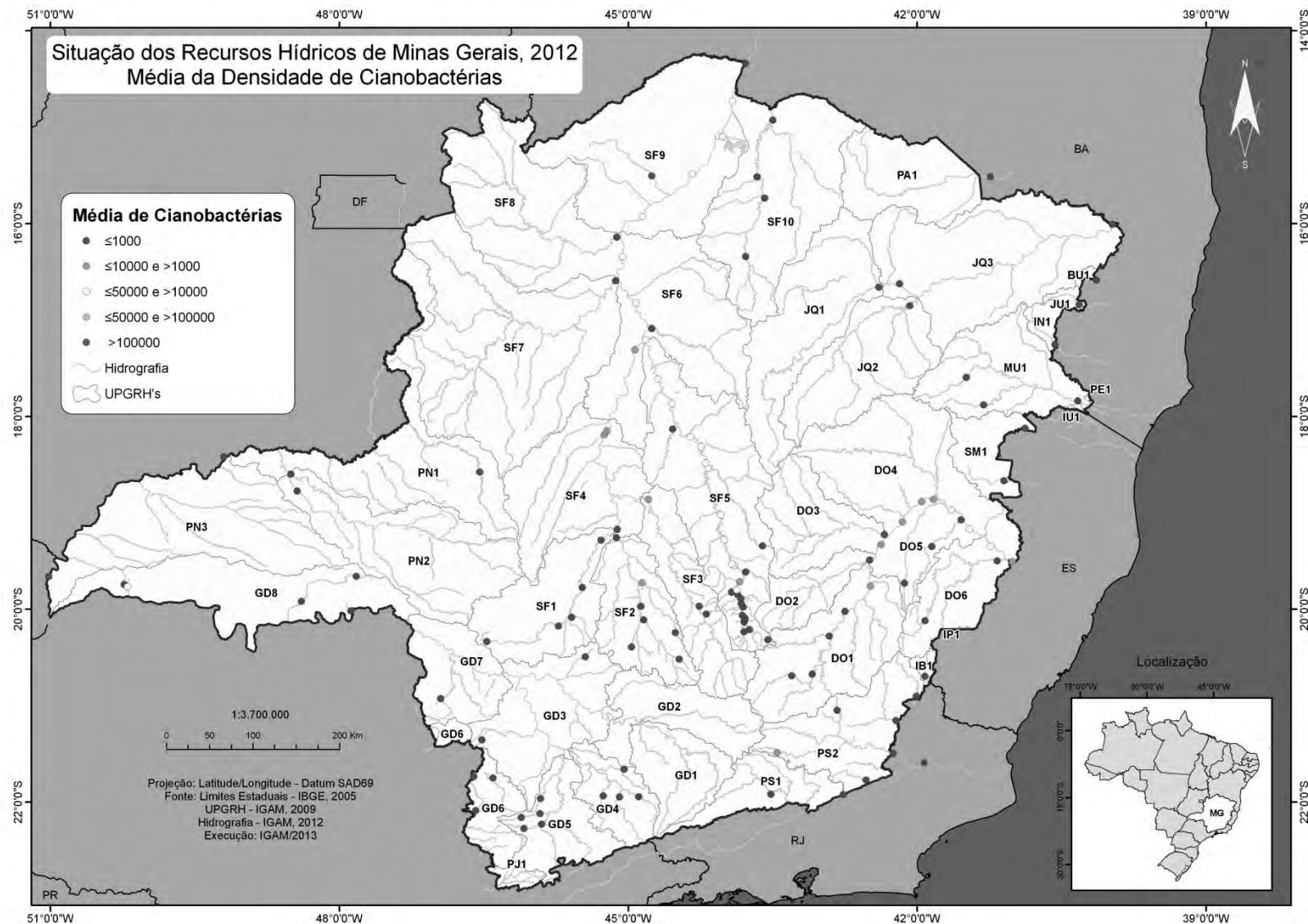


Figura 94: Pontos de monitoramento e respectivas classes de densidade de cianobactérias no Estado de Minas Gerais em 2012.



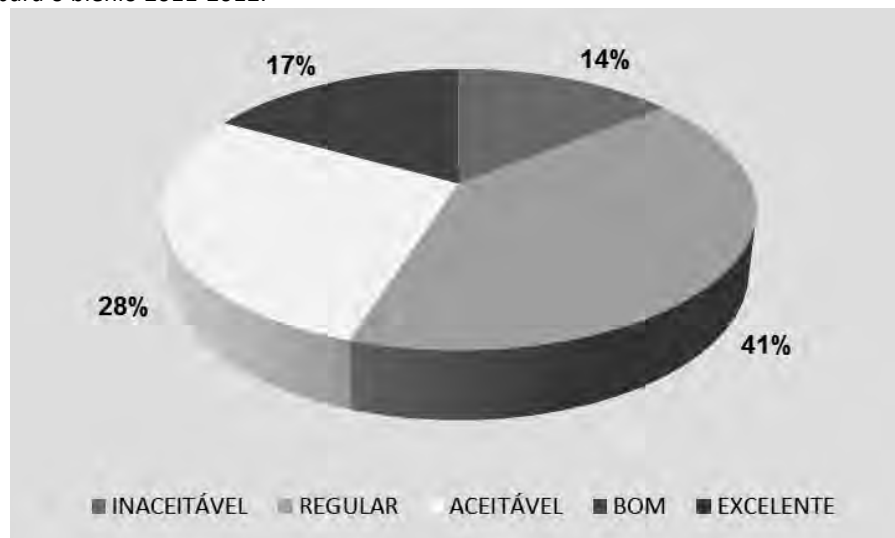
**Tabela 35:** Estações de amostragem que apresentaram densidades de cianobactérias superiores a 50000 cél/mL.

Estação	Corpo de água	Município	Resultados 2012				
			1º T.	2º T.	3º T.	4º T.	Média
BV141	Rio das Velhas	Santana de Pirapama	1.487	4.214	38.803	55.848	25.088
BV142		Inimutaba / Presidente Juscelino	388	4.773	55.572	111.645	43.094
BV146		Augusto de Lima/ Corinto	661	7.031	26.251	74.654	27.149
BV148		Várzea da Palma	527	30.739	120.147	45.394	49.202
BV149		Várzea da Palma	426	22.762	155.643	18.817	49.412
BV150		Santo Hipólito	1.284	5.049	62.607	93.996	40.734
BV151		Lassance	691	15.143	85.172	51.985	38.248
BV152		Santo Hipólito	708	8.529	89.043	50.849	37.282
RD053		Rio Doce	Galileia	15	0	34	69.022
RD058	Conselheiro Pena		11	204	230	154.120	38.641
RD059	Resplendor		335	128	536	62.598	15.899
SF023	Rio São Francisco	Ibiaí	381	92.915	41.082	0	33.594
SF025		São Romão	788	58.735	16.459	128	19.028
SF027		São Francisco	2.412	148.000	1.423	0	37.959
SF031		Itacarambi	206	67.363	3.676	51	17.824
SF033		Manga	112	65.040	1.720	0	16.718

### Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE

No Gráfico 28 é apresentada a frequência de ocorrência dos resultados de ICE para o Estado de Minas Gerais obtidos para o biênio 2011-2012. Verifica-se que a maior parte das estações de amostragem apresentou ICE na condição Regular (41%), seguida da condição Aceitável que foi verificada em 28% das estações. Das estações avaliadas 17% se apresentaram na condição de ICE Bom, seguidos de 14% em condição Inaceitável.

**Gráfico 28:** Frequência de ocorrência do ICE trimestral no estado de Minas Gerais para o biênio 2011-2012.



Na Figura 95 é apresentado o mapa com o resultado final do ICE do biênio 2011-2012, calculado a partir dos resultados dos parâmetros selecionados para o cálculo do indicador. A maior parte das estações

esteve na faixa de ICE Regular, que indicam que a qualidade da água é frequentemente afetada. Verificou-se que os resultados de ICE Aceitáveis, que indicam que a qualidade da água está protegida, mas ocasionalmente ocorrem impactos, ocorreram de forma disseminada em todo o Estado de Minas Gerais. Ressalta-se que os resultados na faixa de ICE Inaceitável, que indica a qualidade da água está quase sempre alterada e que não atende aos padrões estabelecidos pelo enquadramento, foram mais recorrentes nas seguintes regiões:

- **Bacia do Rio Itapemirim – UPGRH IP1:** Rio Pardo e Córrego Boa Vista no município Ibatiba.
- **Bacia do Rio Itabapoana – UPGRH IB1:** Rio São João no município de Caiana.
- **Bacia do Entorno do Reservatório de Furnas – UPGRH GD3:** Rio Formiga no município de Formiga; Rio Muzambinho no município de Muzambinho.
- **Bacia dos Afluentes dos Rios Mogi Guaçu e Pardo – UPGRH GD6:** Rio Lambari no município de Poços de Caldas; Ribeirão Ouro Fino no município de Ouro Fino; Ribeirão Pirapetinga no município de Andradas.
- **Bacia do Médio Rio Grande – UPGRH GD7:** Córrego Liso no município de São Sebastião do Paraíso; Ribeirão da Bocaina no município de Passos.

- **Bacia do Rio das Velhas – UPGRH SF5:** no Ribeirão das Neves e no Ribeirão da Mata no município de Pedro Leopoldo; no Rio Itabirito no município de Itabirito; Ribeirão Água Suja no município de Nova Lima; no Rio das Velhas no município de Baldim.
- **Bacia do Baixo Rio Grande – UPGRH GD8:** Rio Uberaba no município de Conceição das Alagoas; Córrego Santa Rosa no município de Iturama.
- **Bacia dos Rios Pomba e Muriaé – UPGRH PS2:** Ribeirão Meia Pataca no município de Cataguases; Ribeirão Ubá no município de Ubá; Ribeirão das Posses no município de Santos Dumont; Rio Xopotó no município de Visconde do Rio Branco; Rio Muriaé no município de Muriaé.

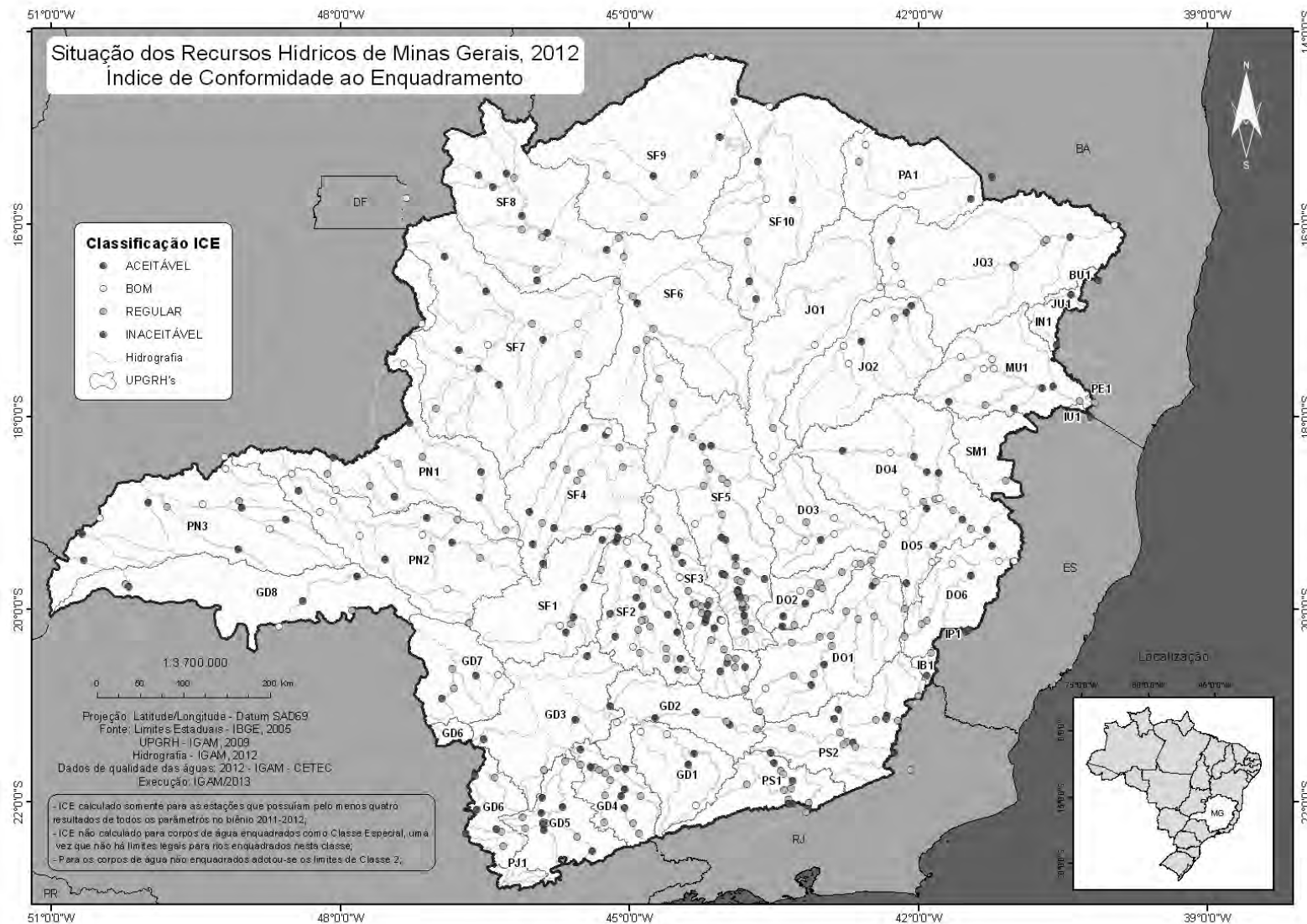


Figura 95: Pontos de monitoramento e respectivas classes de ICE no Estado de Minas Gerais em 2012.

#### 4.4.3.2. Qualidade das Águas Subterrâneas

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas monitoradas, foi realizada em analogia ao estudo da divisão hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani – SAG, conforme Programa Estratégico de Ação – PEA, um dos produtos do projeto internacional de estudos desse aquífero.

Para o monitoramento das águas subterrâneas, foram selecionados parâmetros que propiciassem avaliações quanto a indícios de contaminação das águas em função das características de uso e ocupação dos solos, bem como para a medição, in loco, de níveis d'água para caracterização de fluxo subterrâneo e das zonas de recarga e descarga dos aquíferos (Figura 96).

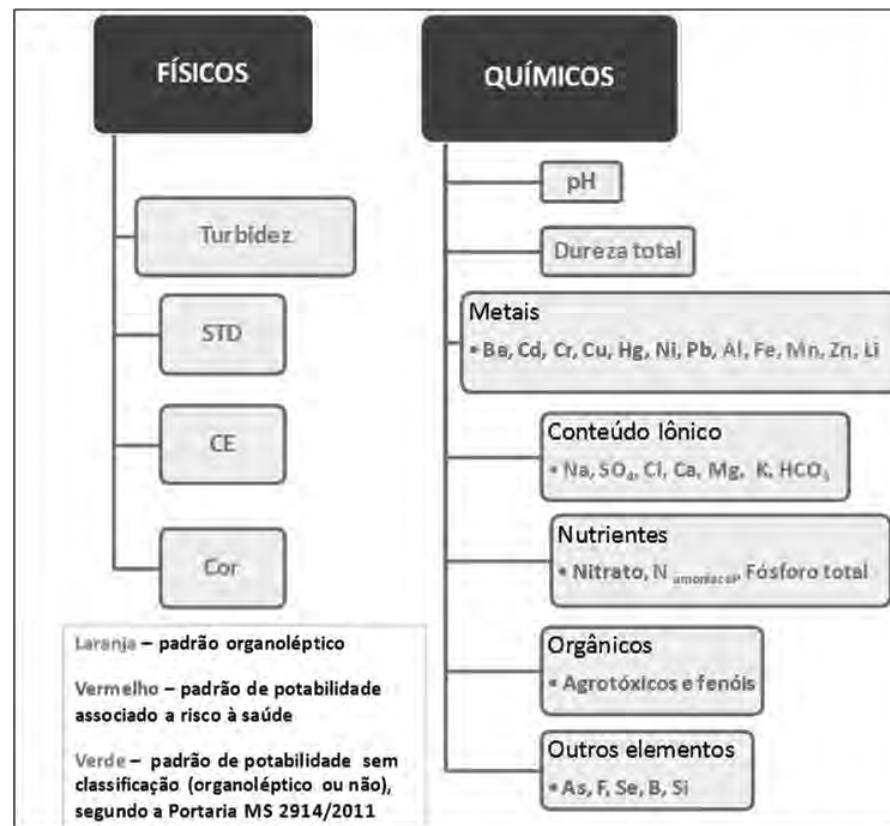


Figura 96: Parâmetros medidos nas águas subterrâneas monitoradas no Estado.

#### 4.4.3.2.1. Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas

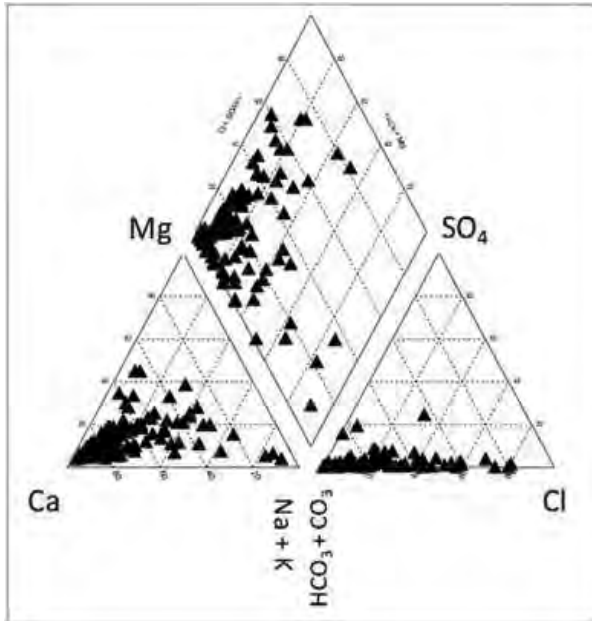
##### (A) Norte de Minas

O aquífero Bambuí apresenta três feições hidrogeológicas principais: carste, cárstico-fissurado e fissurado e suas águas refletem bem estes ambientes. De modo geral, as águas subterrâneas apresentam salinidade tolerável para consumo humano (condutividade elétrica - CE < 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em todas as medições); variam de ácidas a alcalinas, havendo predominância de águas com caráter neutro a levemente alcalino ( $6,5 < \text{pH} < 7,5$  em 45% dos poços e  $\text{pH} > 7,5$  em 34% dos poços); e são, predominantemente, muito duras (37% dos poços); e duras (26% dos poços). A classificação destas águas, feitas a partir do Diagrama de Piper, apresentado na Figura 97, mostra que há predomínio de águas bicarbonatadas cálcicas (85,5% das amostras), sendo a sequência mais frequente:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ .

A avaliação dos resultados obtidos no período 2005-2011 demonstra que, de forma geral, as águas subterrâneas no Norte de Minas, não apresentam qualidade adequada para o consumo humano, sendo desejável tratamento prévio ou restrições, em alguns casos. Com algumas exceções, a maior parte dos poços (88%) apresenta águas com características organolépticas indesejáveis (aquelas associadas a gosto ou odor desagradáveis e, portanto, relacionados à rejeição da água). Dentre os parâmetros organolépticos mais comuns estão: ferro, alumínio, manganês, turbidez, cor e dureza.

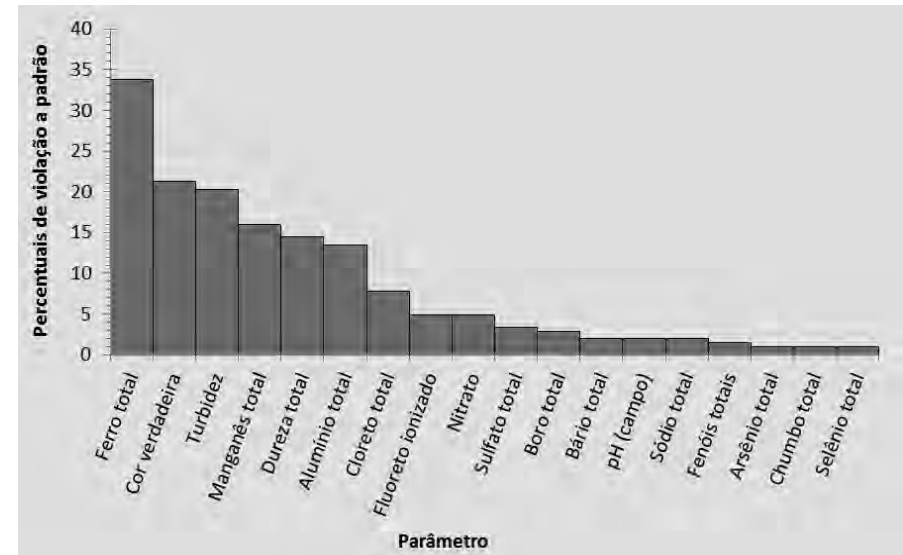
Outro aspecto, ainda mais importante, é a violação a parâmetro de consumo humano associado a risco a saúde. Ao se considerar este tipo de parâmetro, 43% dos poços tiveram, em pelo menos uma das medições, concentração superior ao limite estabelecido, com destaque para: fluoreto, chumbo e nitrato. É exigível, nestes casos, a restrição/vedação do consumo destas águas. No Gráfico 29, são apresentadas as frequências percentuais de violações aos padrões, por parâmetro, considerando a Portaria de Potabilidade (nº 2914-2011) do Ministério da Saúde e a Resolução Conama nº 396/2008, conjuntamente.

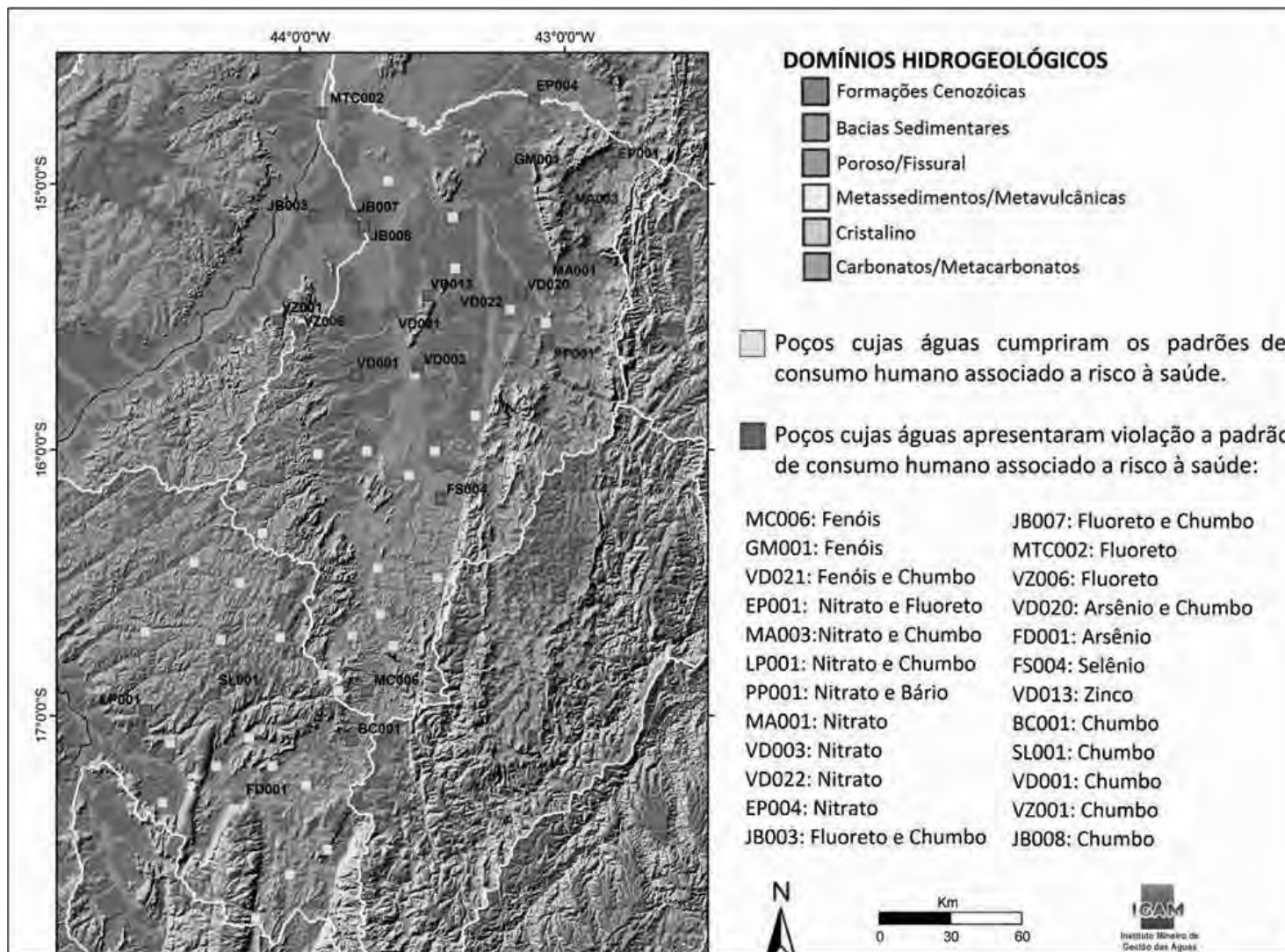
Os poços que apresentaram restrições de uso, ou seja, não conformidades frente aos limites de qualidade para consumo humano e com relação a parâmetros associados a risco à saúde são mostrados na Figura 98. Para este uso específico, houve violações para chumbo, nitrato, fluoreto, fenóis, arsênio, bário, zinco e selênio.



**Figura 97:** Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10, no período de 2005 a 2011.

**Gráfico 29:** Frequência de violações, por parâmetro monitorado e que apresentou violação, nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10, no Norte de Minas para o período 2010-2011.





**Figura 98:** Rede de monitoramento nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10 (no Norte de Minas); seus principais sistemas aquíferos aflorantes; e a respectiva ocorrência de violação de padrões legais relacionados a consumo humano e associados a risco à saúde, segundo a Portaria de Potabilidade (nº 2914-2011) do MS e Resolução CONAMA nº 396/2008, por poço.



Na Figura 99, são mostrados os percentuais de violação de padrões de consumo humano, em relação ao total de medições realizadas e para cada poço, tanto em relação aos padrões associados a risco à saúde humana, quanto para os padrões associados a gosto e odor.

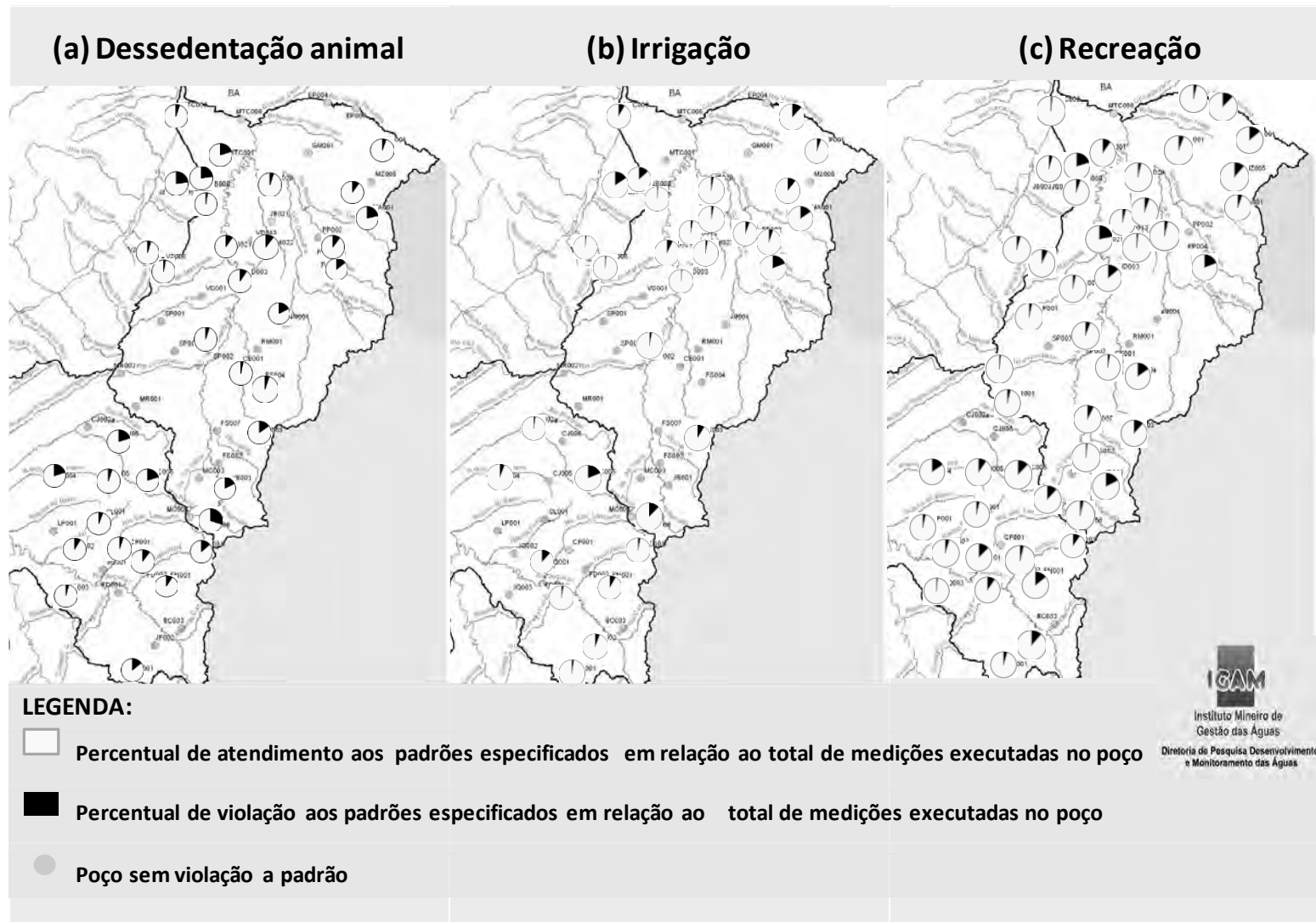


**Figura 99:** Percentuais de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor da água).

Na Figura 100, é apresentada a figura análoga à anterior para os demais tipos de uso: dessedentação animal, irrigação e recreação.

Nas Figuras 101 e 102 observa-se que, embora variável, na maior parte dos poços, a ocorrência de violações, é relativamente baixa, em comparação com o número total de análises realizadas nas águas de cada poço. Novos estudos para verificar a variação temporal e sazonal dos principais parâmetros, deverão ser realizados.

Dentre os parâmetros que apresentaram violação de padrões, alguns deles como é o caso dos fenóis e dos nitratos, podem ter origem associada a fontes antrópicas difusas. Os fenóis podem, por exemplo, ser derivados da degradação de alguns agrotóxicos. Outros parâmetros, como o zinco, o bário e fluoreto, provavelmente, têm origens naturais, associadas à ocorrência de minerais-fonte. Já o ferro e o alumínio nas águas não podem ser atribuídos à geologia, porque os mesmos não fazem parte da formação geológica regional, o que torna pouco provável causas naturais. Uma possibilidade que explicaria estas ocorrências seria a interferência dos próprios poços de monitoramento na qualidade das águas.



**Figura 100:** Percentuais de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço, frente aos parâmetros da água para: (a) dessedentação humana; (b) irrigação; (c) recreação.

**(B) Guarani**

O Sistema Aquífero Guarani é uma unidade hidrogeológica formada por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e Chaco-Paraná. Essas rochas sedimentares compreendem arenitos eólicos e depósitos flúvio-lacustres, sendo que o primeiro de idade Jurássica e o último de idade Triássica. A estrutura física atual do SAG é resultado dos derrames basálticos que recobriram os arenitos, da ativação de falhamentos e arqueamentos regionais e de soerguimentos das bordas da bacia.

O Sistema Aquífero Guarani é uma unidade hidrogeológica formada por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e Chaco-Paraná. Essas rochas sedimentares compreendem arenitos eólicos e depósitos flúvio-lacustres, sendo que o primeiro de idade Jurássica e o último de idade Triássica. A estrutura física atual do SAG é resultado dos derrames basálticos que recobriram os arenitos, da ativação de falhamentos e arqueamentos regionais e de soerguimentos das bordas da bacia.

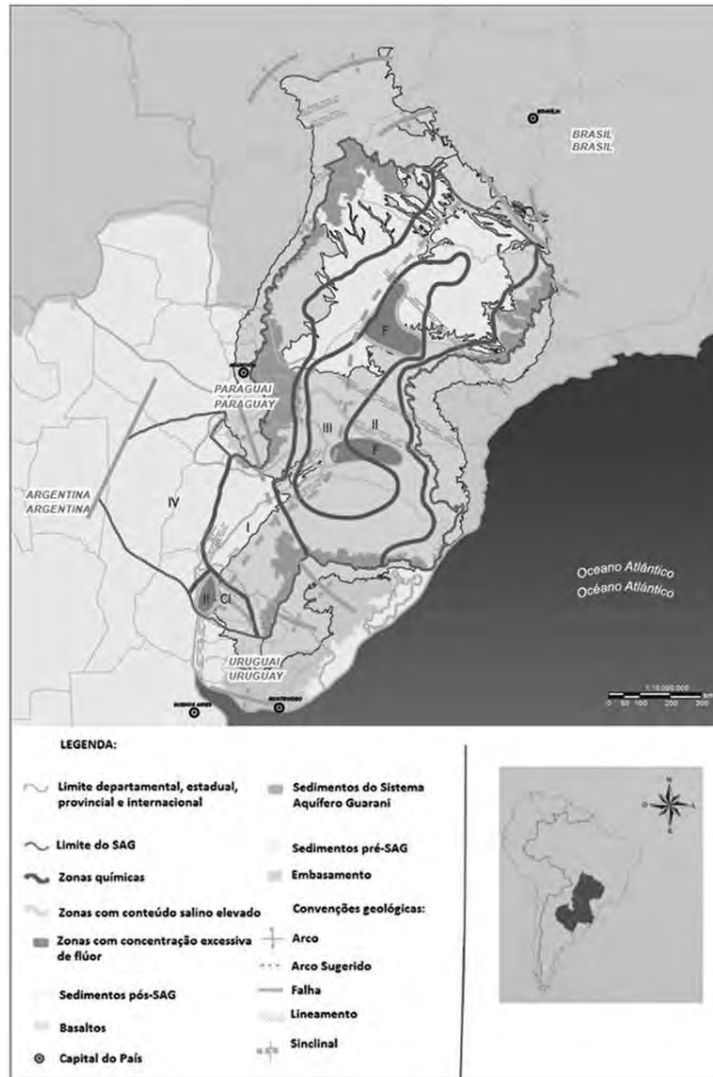
Os poços monitorados do Aquífero Guarani são poços profundos, captando da área confinada, e atravessam, em alguns casos, os sedimentos do Grupo Bauru, e os derrames basálticos da Formação Serra Geral, até alcançar os arenitos das Formações Pirambóia e Botucatu.

A profundidade dos poços varia de 341 m (CAL01) a 1156 m (FRT1). O Quadro 14 apresenta a relação dos poços monitorados e o uso das águas captadas.

**Quadro 14:** Relação dos poços monitorados e seus usos atuais.

Identificação do Ponto	Município	Localidade	Setor / Uso
CAL1	Conceição das Alagoas	Estância Recanto das Águas	Balneabilidade
FRT1	Frutal	Faz. São Bento da Ressaca Usina Frutal Açúcar e Álcool	Industrial
FRT2	Frutal	Frutal COPASA	Abastecimento humano. (Poço inativo não amostrado em 2010 e 2011)
CD3	Cachoeira Dourada	Yquara Termas	Balneabilidade
UBR3	Uberaba	Área urbana de Uberaba CODAU	Abastecimento humano

Os estudos realizados no âmbito do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do SAG (OEA, 2009) levaram à diferenciação das águas subterrâneas desse aquífero em diferentes fácies e zonas hidroquímicas, conforme sintetizado na Figura 106.



Fonte: Adaptado de ARGENTINA/BRASIL/ PARAGUAI/ URUGUAI/ GEF/BM/OEA, 2008.

Figura 101: Mapa hidrogeoquímico do sistema aquífero Guarani.

Quanto às fácies hidroquímicas presentes na região monitorada, as águas podem ser associadas aos seguintes tipos:

- Tipo A – águas potáveis bicarbonatadas sódicas e calcomagnésicas e calco-sódicas;
- Tipo B – águas em sua maioria potáveis, bicarbonatadas sódicas com maior grau de mineralização e condutividade elétrica média. São águas que representam uma evolução do tipo A;
- Tipo D – águas cloretadas sódicas com alta mineralização e condutividade elétrica maior que 10.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (características das águas do poço CD3 de Cachoeira Dourada).

A análise comparativa da hidroquímica dos poços monitorados com aquelas realizadas no âmbito do Projeto SAG (OEA, 2009) obteve os resultados apresentados na Tabela 36.

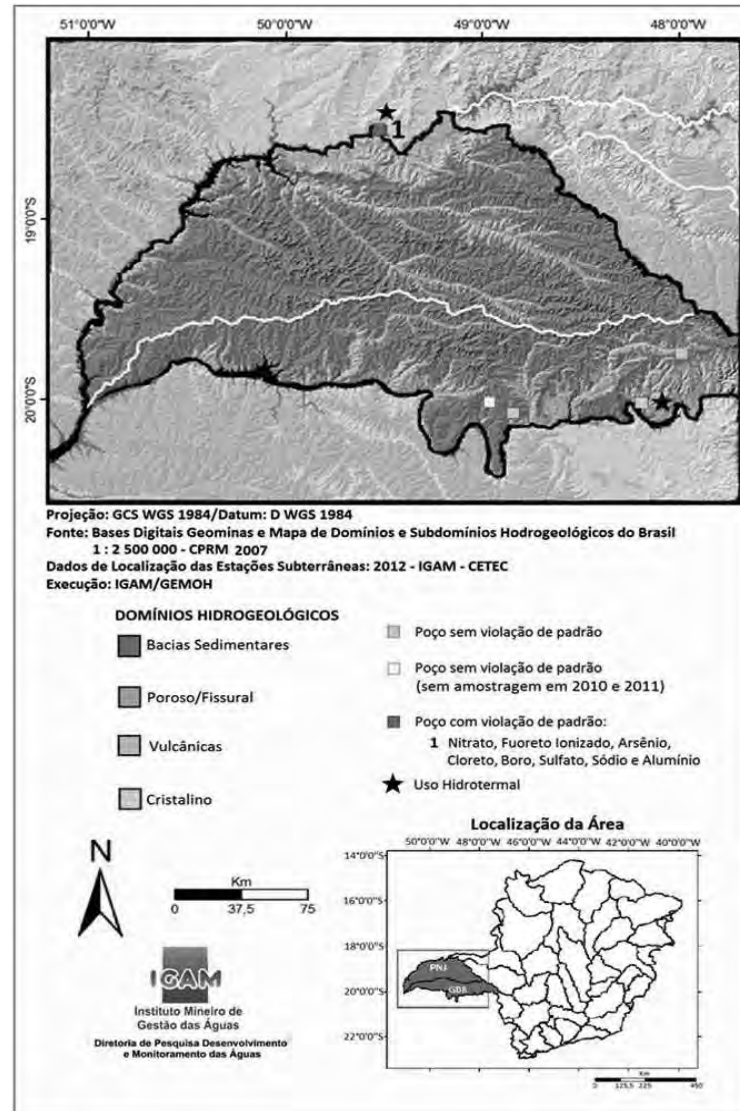
**Tabela 36:** Divisão hidroquímica do aquífero Guarani – analogia com as estações monitoradas no estudo do Programa Estratégico de Ação – PEA (OEA, 2009).

DIVISÃO HIDROQUÍMICA DO AQUIFERO GUARANI - ANALOGIA COM AS ESTAÇÕES MONITORADAS - ESTUDO DO PROGRAMA ESTRATÉGICO DE AÇÃO/PEA										
Estação	Campanhas	Relação Na/Cl	Relação Cl/SO4	Condutividade Elétrica	Temperatura in Loco	pH in loco	Grupo - Estudo PEA	Descrição Tipo - Estudo PEA	Zona Hidroquímica - Estudo PEA	CLASSIFICAÇÃO por PIPER
FRT1	2009	Na>Cl	Cl<SO4	301,8	-	9,44	Tipo B2	"Águas geralmente potáveis, bicarbonatadas sódicas, com maior grau de mineralização e CE médias. Representa uma evolução das águas do tipo A. A proporção de água salina na mistura para produzir as mudanças observadas pode ser de ≤ 1%."	Zona II	Bicarbonatada sódicas
	2010	Na>Cl	Cl<SO4	295,1	45,7	9,14				
	2011	Na>Cl	Cl<SO4	291,5	48,2°	9,42				
CD3	2009	Na>Cl	Cl<SO4	12060	-	-	Análoga ao Tipo D	"São possivelmente, águas cloretadas sódicas com alta mineralização, o que determina a baixa resistividade elétrica observadas nos perfis geofísicos. Ocorrem na Zona IV, observação indireta em perfis elétricos de poços de petróleo da Argentina."	Zona II (Zona limítrofe do SAG)	Águas sulfatadas ou cloretadas sódicas
	2010	Na>Cl	Cl<SO4	12890	38,8°	5,86				
	2011	Na>Cl	Cl<SO4	12600	38,4	7,47				
UBR3	2009	Na>Cl	Cl=SO4	234	-	9,35	Tipo A1	"Águas geralmente potáveis, bicarbonatadas cálcicas (Ca-HCO3) e subordinadamente águas calco-magnesianas e calco-sódicas. Pouca mineralização e baixas CE. Pequena evolução hidroquímica e composição próxima às águas de recarga".	Zona I (limítrofe entre Zona I e II)	Bicarbonatadas Cálcicas ou magnesianas
	2010	Na>Cl	Cl=SO4	162,9	31,7	7,34				
	2011	Na>Cl	Cl=SO4	150,5	34,6	7,4				
CAL1	2009	Na>Cl	Cl<SO4	132,5	-	8,2	Tipo B2	"Águas geralmente potáveis, bicarbonatadas sódicas, com maior grau de mineralização e CE médias. Representa uma evolução das águas do tipo A. A proporção de água salina na mistura para produzir as mudanças observadas pode ser de ≤ 1%."	Zona II	Bicarbonatadas Cálcicas ou magnesianas
	2010	Na>Cl	Cl<SO4	133,8	34	7,77				
	2011	Na>Cl	Cl<SO4	125,9	31,1	8,14				

Características hidrotermais são observadas nos poços monitorados, cuja temperatura das águas variou entre 31°C e 48°C. O aquecimento natural dessas fontes ocorre em grandes profundidades e é função do grau geotérmico presente na região. Essa característica faz com que o uso para recreação seja viável na região. Nesse caso, a outorga para o direito de uso é responsabilidade do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM.

Ao se verificar a conformidade das águas monitoradas aos padrões estabelecidos para o uso mais restritivo, o consumo humano, observa-se algumas violações, conforme mostrado na Figura 102.

No entanto, deve-se observar que apenas as águas captadas na estação UB3 têm essa finalidade – consumo humano – e, para esta, não se observa inconformidade dos parâmetros monitorados com aqueles apresentados na Portaria do Ministério da Saúde.



**Figura 102:** Rede de monitoramento no aquífero Guarani no Triângulo Mineiro; principais aquíferos aflorantes na área; e a respectiva ocorrência de violação de padrões legais relacionados a consumo humano e associados a risco à saúde, segundo a Portaria de Potabilidade (nº 2914-2011) do Ministério da Saúde, por poço.

A qualidade das águas subterrâneas é diretamente influenciada pelo tipo de rocha onde está armazenada, como também pela qualidade da água de recarga, tempo de contato no aquífero, a ocorrência de fontes potencialmente poluidoras, vulnerabilidade natural dos aquíferos, dentre outros. O monitoramento é a ferramenta utilizada, não só para a avaliação de sua qualidade e adequação aos diversos usos, em um determinado momento, mas principalmente para o acompanhamento da evolução da condição de qualidade das águas ao longo do tempo. O conhecimento da condição de qualidade das águas subterrâneas do Estado permite que ações, com vistas ao uso adequado, bem como para a proteção e a conservação sejam adotadas.

Medida necessária é a orientação dos usuários das águas quanto às restrições de uso, inclusive aquelas motivadas por causas naturais. Esta ação deve ser desenvolvida em conjunto com a Secretária Estadual de Saúde e é desejável o envolvimento dos respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Buscando melhor interpretar os resultados de qualidade das águas subterrâneas, especialmente, para os poços de monitoramento, cujas análises mostraram alterações da qualidade natural, e orientar futuras ações necessárias à melhoria da qualidade dessas águas, o Igam tem conduzido estudo de uso e ocupação do solo na região monitorada no Norte de Minas.

No caso das águas subterrâneas na mesorregião Norte de Minas, são desejáveis também ações junto às prefeituras municipais, no sentido de melhoria da qualidade dessas águas, especialmente para o consumo humano, as quais podem incluir a viabilização de pré-tratamento simplificado nas comunidades (tais como filtros para o abrandamento da água – redução da dureza), ou o uso combinado das águas subterrâneas com as águas pluviais, mediante armazenamento e tratamento simplificado.

O monitoramento carece ainda de maior número de medições, mantida a atual configuração dos poços no norte mineiro e ampliadas às demais, para compor séries históricas representativas. Mesmo com as atuais limitações, o Igam vem se esforçando no sentido de buscar ampliar o conhecimento das características e da qualidade das águas dos aquíferos; para subsidiar ações preventivas relacionadas ao uso adequado do recurso hídrico e para nortear futuro estabelecimento de valores de referência. Todavia, as densidades das redes devem ser aumentadas para que se tornem geograficamente representativas, especialmente no Triângulo Mineiro.





## 5. Avaliação da Gestão e da Situação dos Recursos Hídricos

Este último capítulo tem por objetivo apresentar uma análise crítica sobre a gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais. O histórico apresentado evidencia que muitas ações foram realizadas, em consonância com os preceitos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.

### 5.1. Gestão de Recursos Hídricos

O Estado de Minas Gerais vem buscando aprimorar a gestão de recursos hídricos através da implementação e efetivação dos instrumentos de gestão previstos, observando os fundamentos legais da descentralização, por Bacia Hidrográfica, e da participação dos usuários de água e das comunidades, por meio da instituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas e da equiparação de Entidades a Agências de Bacias Hidrográficas, enquanto essas não são criadas. Ainda assim, destaca-se que apesar dos avanços, o Estado tem vários desafios para a consolidação dessa gestão.

A implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos requer além da capacidade técnica, institucional e política, tempo para a sua operacionalização, pois envolve atividades de organização social que demandam participação e aceitação, por parte de todos os atores envolvidos, do processo de gestão instituído na bacia (Peixinho, 2010). Esses instrumentos possuem interdependência e complementaridade entre si.

A outorga do direito de uso dos recursos hídricos bem como a aplicação de penalidades, enquanto mecanismos de comando e controle, foram os primeiros instrumentos de gestão de recursos hídricos implementados no Estado, antes mesmo de sua instituição pela Lei N° 13.199/1999, haja vista a importância de ambos no gerenciamento quantitativo da água e na minimização de conflitos relacionado ao seu uso. Nesse sentido destaca-se que, em 2005, ocorreu a emissão das primeiras Declarações de Áreas de Conflitos (DACs) visando à formalização de processo único de outorga para usuários de recursos hídricos situados em regiões com baixa oferta e alta demanda de água, sendo contabilizadas, até o momento, 58 áreas de conflito no Estado. Desde 2011, com a Lei Delegada n.º 180, os processos de outorga e fiscalização de recursos hídricos, e a aplicação de sanções administrativas, foram integrados com os processos de regularização e fiscalização ambiental, estando atualmente sob responsabilidade da SEMAD.

Anteriores à transferência dessas competências para a SEMAD devem ser citadas a *Campanha de Regularização do Uso dos Recursos Hídricos em Minas Gerais - Água: faça o uso legal*, iniciativa pioneira executada pelo IGAM, em parceria com entidades públicas e privadas, voltada para a regularização dos usuários de água de domínio estadual, por meio do *Registro do Uso da Água*, cujo preenchimento, autodeclaratório, conferia ao usuário uma regularização temporária até que o mesmo fosse convocado formalmente pelo Órgão, isentando-o de penalidades. Dessa forma, entre 2007 e 2009, foram realizados 370 mil registros, sendo convocados inicialmente para

regularização, em 2011, os usuários das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba e Jaguari (UPGRH PJ1), Araguari (UPGRH PN2) e das Velhas (UPGRH SF5), tendo em vista o início da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos nessas Bacias em 2010, contribuindo, assim, para o conhecimento do universo de usuários.

Enquanto instrumentos de gestão de recursos hídricos na esfera do planejamento, os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográfica e o Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os Usos Preponderantes, tem seu marco no Estado com a aprovação pelo CBH Velhas, em 2004, do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, cujo conteúdo foi elaborado pelo IGAM em conformidade com a Política Estadual de Recursos Hídricos, contemplando inclusive uma proposta de revisão de enquadramento dos corpos de água da Bacia<sup>42</sup>. Ressalta-se que esse enquadramento, assim como os demais vigentes no Estado, foram elaborados ainda pela FEAM e aprovados pelo COPAM, com base na legislação ambiental, antes da edição da Lei 13.199/1999.

---

<sup>42</sup> Já existiam no Estado Planos Diretores de Recursos Hídricos, contudo esses foram elaborados anteriormente a Lei 13.199/99 e sob a perspectiva de um planejamento setorial, principalmente da irrigação, quais sejam: Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo – PLANVALE; Plano Diretor de Irrigação dos Municípios da Bacia do Baixo Rio Grande; Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande; Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu; Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias de Afluentes do Rio São Francisco; Planos Diretores de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Mucuri, São Mateus, Jucuruçu, Itanhém, Buranhém, Peruípe e Paranaíba.

A mudança de meta proposta pelo CBH Velhas de alguns trechos localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH da classe 3 para a 2 foi, posteriormente, incorporada pelo Governo do Estado em seu planejamento estratégico por meio do *Projeto Meta 2010: navegar, pescar e nadar no rio das Velhas, em sua passagem pela região metropolitana de Belo Horizonte, até 2010*. No âmbito desse Projeto, a sub-bacia do Ribeirão da Mata, cuja área de drenagem abrange 10 municípios da RMBH (Capim Branco, Confins, Esmeraldas, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Santa Luzia, São José da Lapa e Vespasiano) foi escolhida como bacia piloto pelo IGAM para regularização da outorga de lançamento de efluentes, sendo convocados empreendimentos, públicos e privados, para formalização dos processos e concedidas às primeiras outorgas de efluentes em corpos d'água superficiais de domínio de Minas Gerais para as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Copasa localizadas nessa sub-bacia.

Além da Meta 2010, o Governo do Estado incluiu em sua carteira de projetos prioritários o *Projeto Estruturador Consolidação da Gestão em Bacias Hidrográficas*<sup>43</sup>. As metas alcançadas nesse projeto, gerenciado pelo IGAM entre 2007 e 2011, contribuíram significativamente para a implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e o fortalecimento do SEGRH, principalmente dos Comitês de Bacias

---

<sup>43</sup> A chamada Agenda Azul foi inserida no Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado – PMDI 2007-2023, em sua área de resultados Qualidade Ambiental. O PMDI está previsto na Constituição Estadual de Minas Gerais como um plano plurianual de desenvolvimento a ser apresentado pelo Executivo e discutido com os demais representantes dos cidadãos no Estado.

Hidrográficas e das Entidades Equiparadas a Agências de Bacia Hidrográfica.

Dessa forma, foram instituídos 36 CBH's no Estado; contratados e elaborados 19 Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e concluída a 2ª etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, cujo conteúdo apresenta um diagnóstico ambiental de Minas Gerais e os cenários de desenvolvimento para seu balanço hídrico, fornecendo subsídios para a tomada de decisões pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA e a compatibilização com as políticas setoriais. Ademais, o PERH estabelece os programas e ações estratégicas visando assegurar os usos múltiplos e a proteção, conservação e recuperação dos recursos hídricos no Estado, identificando custos, investimentos e fontes de financiamento para a implementação de projetos prioritários com vistas à melhoria da quantidade e da qualidade das águas.

Outro objetivo alcançado no referido Projeto Estruturador foi a implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos em 3 UPGRH's, para as quais foram assinados contratos de gestão entre o IGAM e as respectivas Entidades Equiparadas, onde estão estipulados as metas, prazos e indicadores de desempenho relativos à gestão das águas na Bacia.

Ressalta-se que a implementação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos foi precedida por sua regulamentação no Estado e por um amplo debate entre os segmentos sociais e setores usuários nas Bacias Hidrográficas, promovido pelos respectivos CBH's envolvidos, através

de consultas públicas onde foram apresentadas as metodologias e valores propostos com base em estudos de impacto. Uma vez aprovada no CERH-MG, a operacionalização da Cobrança foi viabilizada pelo Igam por meio da adoção do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - CNARH<sup>44</sup>, gerido pela Agência Nacional de Águas - ANA, como base de dados cadastral dos usuários de recursos hídricos em corpos de água de domínio estadual e do Sistema Digital de Cobrança - DIGICOB enquanto aplicativo de cálculo dos valores da cobrança até que seja estruturado o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos.

Nesse sentido, desde 2010, vem sendo desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras – UFLA, sob supervisão do Igam, os subsistemas do Sistema Estadual de Informação sobre Recursos Hídricos – InfoHidro: Cálculo da Qualidade da Água (SCQA), Cadastro de Usos e Usuários de Água (Siscad), Cálculo da Cobrança pelo Uso da Água (Siscob), Solicitação de Mapas (Sismap) e Sistema de Apresentação de Projetos para o Fhidro. Para tanto, ainda em 2010, foi concluído o módulo de topologia hídrica, que consiste em uma base hidrográfica otocodificada, a qual permitiu o aperfeiçoamento do sistema de informação de apoio à decisão destinado a dar suporte à análise de outorga, no âmbito do Sistema Integrado de Meio Ambiente -

---

<sup>44</sup> Adotado pela Resolução Conjunta ANA/IGAM nº 779, de 20 de outubro de 2009, prioritariamente nas Bacias Hidrográficas em que for implementada a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Todavia, o CNARH sempre foi utilizado como banco de dados das campanhas de cadastramento de usos de recursos hídricos realizadas no Estado.

SISEMANet<sup>45</sup>. A interoperabilidade do InfoHidro com o SISEMANet e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, além dos futuros sistemas de Informação no âmbito das Bacias Hidrográficas, são prerrogativas para entrada em funcionamento desse Sistema.

A implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos no Estado e a instituição dos órgãos e entidades integrantes do SEGRH estão apresentados no Quadro 15.

---

<sup>45</sup> Sistema de informação que reúne dados de geoprocessamento, instrumentos de gestão e atos autorizativos, formando uma central de dados e informações para subsidiar o processo de regularização ambiental no Estado. Disponível em: <http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br>

**Quadro 15:** Implementação dos Instrumentos de Gestão e Instituição dos Órgãos e Entidades Integrantes do SEGRH.

BACIA	INSTRUMENTOS DE GESTÃO								SEGRH	
	SIGLA	OUTORGA	PENALIDADES	PERH	PLANO DIRETOR	ENQUADRAMENTO	COBRANÇA	SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RH	COMITÊ DE BACIA	AGÊNCIA DE BACIA/ ENTIDADE EQUIPARADA
SÃO FRANCISCO	SF1									
	SF2									
	SF3									
	SF4									
	SF5									
	SF6									
	SF7									
	SF8									
	SF9									
	SF10									
GRANDE	GD1									
	GD2									
	GD3									
	GD4									
	GD5									
	GD6									
	GD7									
	GD8									
PARANAÍBA	PN1									
	PN2									
	PN3									
MUCURI	MU1									
SÃO MATEUS	SM1									

..Continuação

BACIA	INSTRUMENTOS DE GESTÃO								SEGRH	
	SIGLA	OUTORGA	PENALIDADES	PERH	PLANO DIRETOR	ENQUADRAMENTO	COBRANÇA	SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RH	COMITÊ DE BACIA	AGÊNCIA DE BACIA/ ENTIDADE EQUIPARADA
DOCE	DO1									
	DO2									
	DO3									
	DO4									
	DO5									
	DO6									
PARAÍBA DO SUL	PS1									
	PS2									
PIRACICABA E JAGUARI	PJ1									
JEQUITINHONHA	JQ1									
	JQ2									
	JQ3									
PARDO	PA1									
BURANHÉM	BU1									
PERUÍPE	PE1									
JUCURUÇU	JU1									
ITANHÉM	IN1									
ITAÚNAS	IU1									
ITABAPOANA	IB1									
ITAPEMIRIM	IP1									

	Em Implementação /Em Instituição
	Implementado/Instituído
	Não Implementado/ Não Instituído

Conforme pode ser visualizado no Quadro 15, além do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), os tradicionais instrumentos de gestão de comando e controle (outorga e penalidades) abrangem a totalidade do estado, ressalvando que, no caso da outorga, essa se refere apenas ao aspecto quantitativo, já que a outorga de lançamentos de efluentes, ainda em fase experimental, está implantada em apenas uma sub-bacia do Rio das Velhas. Em seguida citam-se, em grau de implementação, os Planos Diretores de Recursos Hídricos, os Enquadramentos de Corpos de Água e a Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos, respectivamente. Já o Sistema Estadual de Informações em Recursos Hídricos, em fase de implementação, tem previsão de lançamento para dezembro de 2013.

O grau e o ritmo de implementação de alguns instrumentos de gestão (Plano Diretor de Recursos Hídricos, Enquadramento dos Corpos de Água e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos) dependem, dentre outros fatores, da instituição e funcionamento dos comitês de bacia hidrográfica, responsáveis pela discussão e aprovação desses em suas respectivas bacias e encaminhamento para deliberação do CERH. Nesse sentido, todas as 36 UPGRH's do Estado tiveram, entre os anos de 1998 e 2009, seus respectivos CBH's instituídos, à exceção das bacias hidrográficas de domínio da União não definidas como UPGRH do Estado de Minas Gerais, genericamente denominadas Bacias do Leste (Buranhém, Peruípe, Jucuruçu, Itanhém, Itaúnas, Itabapoana e Itapemirim)<sup>46</sup>. Sob esse aspecto, é necessário que União e Estado

---

<sup>46</sup> As Bacias do Leste totalizam 11 municípios no Estado e contabilizam 85.682 habitantes, segundo o Censo Demográfico do IBGE de 2010.

dialoguem sobre o formato da gestão nessas Bacias, a fim de que as mesmas tenham seus instrumentos de gestão de recursos hídricos implementados bem como garantidos os fundamentos legais da descentralização e participação.

Enquanto órgãos colegiados de Estado com atribuições normativas, deliberativas e consultivas sobre os recursos hídricos em sua área de jurisdição, é vedado aos CBH's mineiros o estabelecimento de personalidade jurídica própria, competindo à respectiva Agência de Bacia Hidrográfica ou Entidade a Ela Equiparada prestar-lhe o apoio administrativo, técnico e financeiro necessário ao seu bom funcionamento. Isso posto, atualmente, apenas 8 (oito) UPGRHs possuem contrato de gestão assinados entre o Igam e a respectiva entidade equiparada. Nas demais UPGRH's do Estado, enquanto a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos não é implementada, o referido suporte tem sido prestado por organizações não governamentais via convênio assinado com a SEMAD, a partir de indicação dos Comitês de Bacia Hidrográfica, ficando aquelas responsáveis pela estruturação física e operacional e custeio desses com recursos advindos dos 7,5% do valor anual do FIDRO.

Contudo, tal solução adotada tem se demonstrado precária na medida em que o repasse anual a essas entidades conveniadas ficam pendentes no caso da não aprovação da prestação de contas do exercício anterior, impactando o funcionamento do comitê de bacia hidrográfica e, em alguns casos, ocasionando a paralisação de suas atividades e a desmobilização de seus membros. Ademais existe o



conflito de interesses nos casos em que a entidade conveniada é também membro do Comitê de Bacia Hidrográfica.

Dessa forma, o atual desafio para a gestão descentralizada e participativa das águas no Estado é o fortalecimento institucional desses entes para que possam exercer suas competências legais de maneira efetiva e cumprir o seu papel na política e gestão dos recursos hídricos.

Neste contexto, é fundamental ampliar e qualificar a participação dos conselheiros, por meio de um processo contínuo de formação e capacitação técnica e gerencial, em especial quanto ao arcabouço legal de recursos hídricos, incluindo os regimentos internos, e quanto aos instrumentos de gestão, como o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia. Nesse sentido, é necessária a internalização das diretrizes dos Planos Diretores pelos conselheiros para que a sua implementação seja efetiva, de forma a consolidar o comitê de bacia hidrográfica

enquanto fórum legítimo de discussão e deliberação na Bacia capaz de articular e interferir na agenda governamental em seus três níveis de gestão (federal, estadual, municipal), inserindo demandas e temas de interesse público.

Esse processo contribuirá efetivamente para que todos os atores tenham condições de debater os assuntos pertinentes ao Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) e participar de forma efetiva do processo decisório, como preconizam as Leis 9.433/97 e 13.199/99.

Como exposto, a gestão de recursos hídricos, apresentou muitos avanços, entretanto, ainda há desafios para o seu aprimoramento. No Quadro 16, estão sintetizados os principais avanços e desafios na implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos no Estado.

**Quadro 16:** Os principais avanços e desafios da gestão de recursos hídricos no Estado.

INSTRUMENTOS DE GESTÃO	AVANÇOS	DESAFIOS
<p><b>Plano Estadual de Recursos Hídricos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração e aprovação do PERH - Deliberação CERH/MG, nº 260 de 26 de novembro de 2010 e pelo Governo de Minas por meio do Decreto nº 45.565 de 22 de março de 2011;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efetivação do plano através de negociações político-institucionais e gestão participativa objetivando a sua implementação;</li> <li>• Elaboração de um Programa de Fortalecimento Institucional para a internalização das diretrizes e programas do PERH.</li> </ul>
<p><b>Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dezenove (19) planos de bacia concluídos e aprovados;</li> <li>• Elaboração em conjunto com a Agência Nacional de Águas – ANA e Comitês Federais e estaduais de Planos Integrados de Recursos Hídricos, potencializando as discussões e soluções entre os entes envolvidos na gestão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo para Indicadores de implementação dos Planos Diretores;</li> <li>• Proposta de Deliberação normativa sobre critérios e diretrizes gerais para a elaboração dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, bem como mecanismos e critérios de acompanhamento de sua implantação e do Plano Estadual de recursos Hídricos;</li> <li>• Consolidação do Comitê de Bacia Hidrográfica no âmbito de sua área de atuação enquanto fórum de negociações político-institucionais e de gestão participativa para implementação, acompanhamento, monitoramento e revisão dos Planos;</li> <li>• Aprimoramento dos mecanismos de articulação intersetoriais visando à gestão integrada dos recursos hídricos baseada no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica;</li> <li>• Aporte de recursos financeiros e técnicos (capacitação e infraestrutura técnica) para a implementação dos Programas e Planos de Ações previstos nos PDRHs;</li> <li>• Internalização do Plano de Ação dos PDRH's no planejamento das esferas governamentais envolvidas (municipal, estadual e federal).</li> </ul>

...Continuação

INSTRUMENTOS DE GESTÃO	AVANÇOS	DESAFIOS
<p><b>Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos - InfoHidro</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construção da base hidrográfica otocodificada;</li> <li>• Desenvolvimento de dois módulos do sistema:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cálculo da Qualidade da Água;</li> <li>2. Solicitação de Mapas.</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de Sistema de Cadastro de usuários de água e do Sistema de cálculo e Gestão da cobrança;</li> <li>• Desenvolvimento de sistema para acompanhamento do desenvolvimento dos CBHs;</li> <li>• Desenvolvimento de sistema para acompanhamento do PDRHs;</li> <li>• Desenvolvimento do Portal InfoHidro, plataforma web para disponibilização de dados de monitoramento da qualidade das águas, dos PDRHs, das bases cartográficas, dos estudos técnicos entre outras informações que apoiem a gestão de recursos hídricos no estado.</li> </ul>
<p><b>Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratação e elaboração dos estudos e das propostas de enquadramento dos corpos de água em conjunto com os Planos Diretores de Recursos Hídricos;</li> <li>• Realização de Reuniões Públicas envolvendo os poderes públicos, setores usuários e sociedade da Bacia para discussão das propostas de enquadramento dos corpos de água;</li> <li>• Internalização da proposta de enquadramento de trechos de corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH, no planejamento estratégico do Governo do Estado através do Projeto Estruturador “Meta 2010” e “Meta 2014”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investir na capacitação técnica dos diferentes atores da gestão de recursos hídricos (comitês de bacia, órgãos gestores, sociedade civil) envolvidos no processo de enquadramento dos corpos d'água;</li> <li>• Melhoria nas redes de monitoramento de qualidade das águas dedicadas ao enquadramento dos corpos de água.</li> <li>• Aprovação de deliberação normativa de procedimentos para enquadramentos de corpos de águas superficiais de domínio do Estado de Minas Gerais;</li> <li>• Aprimoramento das metodologias de enquadramento dos corpos de água com vistas ao efetivo envolvimento, participação e deliberação dos atores envolvidos;</li> <li>• Internalização das novas propostas aprovadas de enquadramento dos corpos de água da Bacia Hidrográfica nos procedimentos de análise técnica de outorga e licenciamento ambiental por parte das Superintendências Regionais de Meio Ambiente – SUPRAM's.</li> </ul>

...Continuação

INSTRUMENTOS DE GESTÃO	AVANÇOS	DESAFIOS
<p><b>Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regularização dos usuários cadastrados na campanha “Água: Faça Uso Legal!”;</li> <li>Implementação do novo sistema de suporte à tomada de decisão SISEMANet;</li> <li>Desenvolvimento de novas metodologias de análise de eficiência de uso da água em sistemas produtivos;</li> <li>Atualização do Manual Técnico e Administrativo de outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais;</li> <li>Melhoria do fluxo de informação com as Superintendências Regionais de regularização Ambiental – SUPRAMs;</li> <li>Aprimoramento e estabelecimento de ferramentas de consistência do banco de dados de outorgas do sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprovação da Deliberação Normativa que compila todos os critérios, diretrizes, parâmetros e porte para a outorga no Estado;</li> <li>Verificar os impactos da implantação da outorga sazonal;</li> <li>Difundir as metodologias e experiências em análise de processos de outorga às SUPRAMs;</li> <li>Expandir a outorga de lançamento de efluentes para bacias com qualidade crítica de qualidade da água;</li> <li>Integrar enquadramento com outorga de direito de uso.</li> </ul>
<p><b>Cobrança pelo uso de recursos hídricos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalação da Comissão Permanente de Fiscalização e Acompanhamento do Repasse dos Recursos arrecadados com a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais. Tal comissão foi instituída pelo Decreto Estadual nº 44.046/2005 e regulamentada pela DN CERH nº 35/2010, com o objetivo de acompanhar a arrecadação e repasse dos recursos, analisar a execução do Programa de Trabalho dos contratos de gestão, elaborar relatório conclusivo sobre a avaliação dos relatórios de gestão e recomendar alterações no contrato de gestão. A Comissão fez a avaliação referente ao exercício de 2010 apresentando seu primeiro relatório ao CERH em 2012;</li> <li>Adoção de Planos de Aplicação Plurianuais, contendo o planejamento dos recursos financeiros para cada ação/atividade. Este planejamento era feito para o período de um ano;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viabilização da aplicação dos recursos arrecadados na bacia dos rios Piracicaba/Jaguari, até que seja equiparada uma nova Entidade à Agência de Bacia, tendo em vista a desequiparação do Consórcio PCJ, então responsável pela aplicação dos recursos;</li> <li>Aplicação dos recursos em ações efetivas de melhoria qualitativa de água;</li> </ul>

...Continuação

INSTRUMENTOS DE GESTÃO	AVANÇOS	DESAFIOS
<p><b>Cobrança pelo uso de recursos hídricos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão e aprovação da metodologia de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos de forma integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, pelos 6 (seis) comitês mineiros, 3 (três) comitês capixabas e pelo comitê federal da bacia, os quais contaram com a articulação e o suporte técnico dos três respectivos órgãos gestores de recursos hídricos: IGAM, IEMA e ANA;</li> <li>• A Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos aprovada na Bacia Hidrográfica do Rio Doce representou uma inovação em relação às metodologias praticadas em outras bacias federais e estaduais do País ao fundamentar seus valores nos custos previstos para implementação de seu Plano Integrado de Recursos Hídricos – PIRH Doce. Dessa forma, os Preços Públicos Unitários – PPUs cobrados por unidade de captação, lançamento e transposição são superiores aos praticados em outras Bacias, além de seus reajustes previstos estarem atrelados ao cumprimento das metas pactuadas no Contrato de Gestão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprimoramento do acompanhamento por parte do IGAM da execução do contrato de Gestão objetivando o cumprimento das metas estabelecidas no mesmo em consonância com a legislação pertinente;</li> <li>• Automatização da operacionalização da cobrança, com a integração dos bancos de dados de outorga, cadastro, cobrança e arrecadação.</li> </ul>
<p><b>Penalidades</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A fiscalização dos usuários de recursos hídricos tem sido pautada, sobretudo, por denúncias que chegam aos órgãos gestores. O número de usuários fiscalizados aumenta todos os anos o que ajuda a potencializar a busca pelos atos autorizativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A integração das ferramentas de gestão e o aparelhamento dos fiscais são necessidade prementes para a melhoria da eficiência dos resultados;</li> <li>• A falta de instrumentos de gestão tais como: Plano Diretor de Bacia, Sistema de Informação e Cobrança pelo uso e/ou intervenção em recursos hídricos em todas as bacias, dificultam as ações fiscalizatórias;</li> <li>• É necessário avançar em tecnologias que possam auxiliar as fiscalizações. Imagens de satélites de baixa e média resolução, salas de situação que monitoram quantidade e qualidade de recursos hídricos e equipamentos de aferição móveis, não estão disponíveis de maneiras satisfatórias para os agentes fiscalizadores.</li> </ul>

## 5.2. Situação dos Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais localiza-se em uma região de transição dos sistemas meteorológicos de latitudes médias e tropicais, fortemente influenciada pela Zona de Convergência do Atlântico Sul. A análise do comportamento das chuvas em relação à média climatológica, de 1979-2012, revelou que no Estado de Minas Gerais existem faixas climatologicamente bem definidas de precipitação.

Essa disposição, no período de verão, favorece a ocorrência de precipitações prolongadas e de larga escala e, ainda, precipitações convectivas localizadas e intensas, em todo o Estado, causando desastres relacionados com o incremento das precipitações hídricas em todas as regiões de Minas Gerais. Como já mencionado, no período chuvoso de 2011/2012, o número de municípios mineiros atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas em relação à média histórica dos últimos 10 anos, aumentou 27%.

As regiões mais chuvosas são o Triângulo Mineiro (fronteira com São Paulo), Sul de Minas, Zona da Mata, sul da Metropolitana, Campo dos Vertentes e a área mais ao sul da mesorregião do Noroeste Mineiro e Vale do Mucuri.

Diante dessa situação, o Igam tem intensificado os esforços para prever e prevenir situações de risco para a população, trabalhando conjuntamente com as Defesas Cíveis Municipais e Estadual, Prefeituras e outros órgãos. Em 2012, além da rede de monitoramento

meteorológico, o Igam passou a contar com o radar meteorológico, que proporcionou o aperfeiçoamento das informações produzidas.

Por outro lado, a falta de chuva para o desenvolvimento das atividades econômicas, e até mesmo para o abastecimento humano, ocorre sistematicamente no semiárido mineiro, sendo a faixa mais seca formada pelas regiões Norte, leste da mesorregião do Noroeste e partes do Vale do Jequitinhonha. Quase a totalidade dos municípios que decretaram situação de anormalidade devido à estiagem /seca no período de 2011/2012 no Estado, se localizam nestas regiões. No caso das secas, há um projeto de monitoramento e alerta para região do semiárido que, no entanto, necessita de implementação.

Em relação à disponibilidade hídrica versus demandas pelo uso da água, o Igam tem o papel de supervisionar a emissão de outorgas e de desenvolver e executar metodologias para aprimoramento de ferramentas de análises de processos de solicitação, bem como de técnicas de racionalização de uso das águas nos processos produtivos.

Neste contexto, a instituição tem investido no aprimoramento dos seus procedimentos, podendo ser salientado a elaboração do "*Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais*" que compila os procedimentos e técnicas de análise dos processos sendo ferramenta fundamental de unificação, padronização e harmonização do ato.

No caso das demandas pelo uso das águas superficiais, considerando as outorgas (Figura 103) e realizando comparação entre os anos de

2011 e 2012, observa-se que houve um acréscimo no número de regularizações para o uso da água. Em relação a quantidade de número de processos, 91% são para a finalidade de irrigação. Tendo em vista as finalidades abordadas, as destinadas para a irrigação, contenção de sedimentos, desassoreamento ou limpeza, consumo industrial e consumo humano apresentaram, no ano de 2012, uma queda no número de processos em comparação com 2011.

Considerando a demanda pelo uso das águas subterrâneas, o número de portarias de outorgas publicadas em 2012 teve ligeiro aumento em relação a 2011 para o consumo humano e irrigação. Para os usos dessedentação de animais, paisagismo e abastecimento público, houve um decréscimo de publicações.

Para a finalidade de uso relacionada ao consumo industrial não ocorreu alteração significativa de publicação entre os anos de 2011 e 2012 (Figura 104). É importante lembrar que o número de publicações nem sempre é diretamente proporcional aos volumes de água concedidos pelas outorgas. Um exemplo disso é o rebaixamento do nível d'água que, apesar de existir poucas solicitações de outorga para essa finalidade, retira grandes volumes de água dos aquíferos.

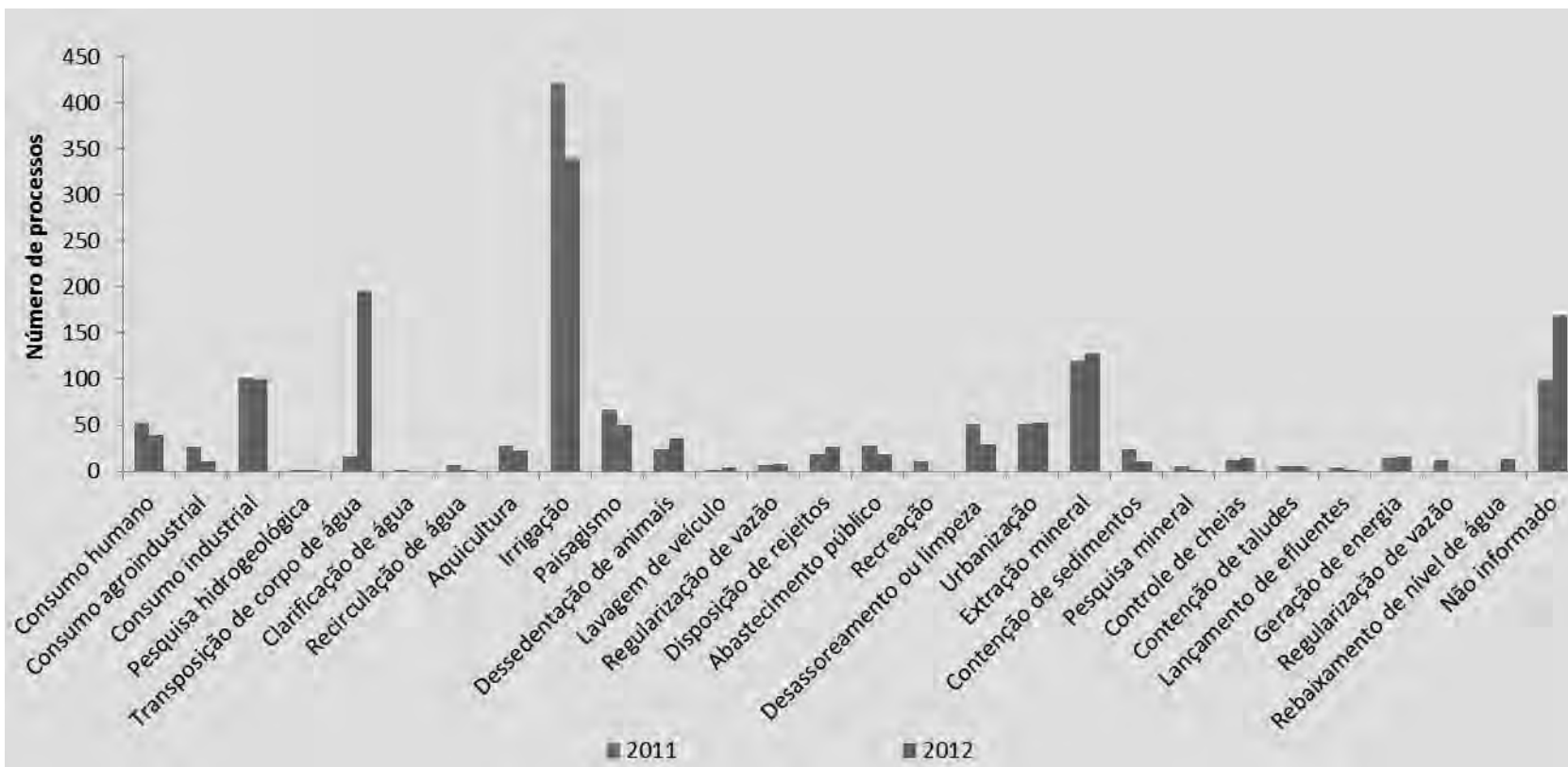


Figura 103: Comparação entre o número de processos de outorgas para água superficial emitidos em 2011 e 2012.



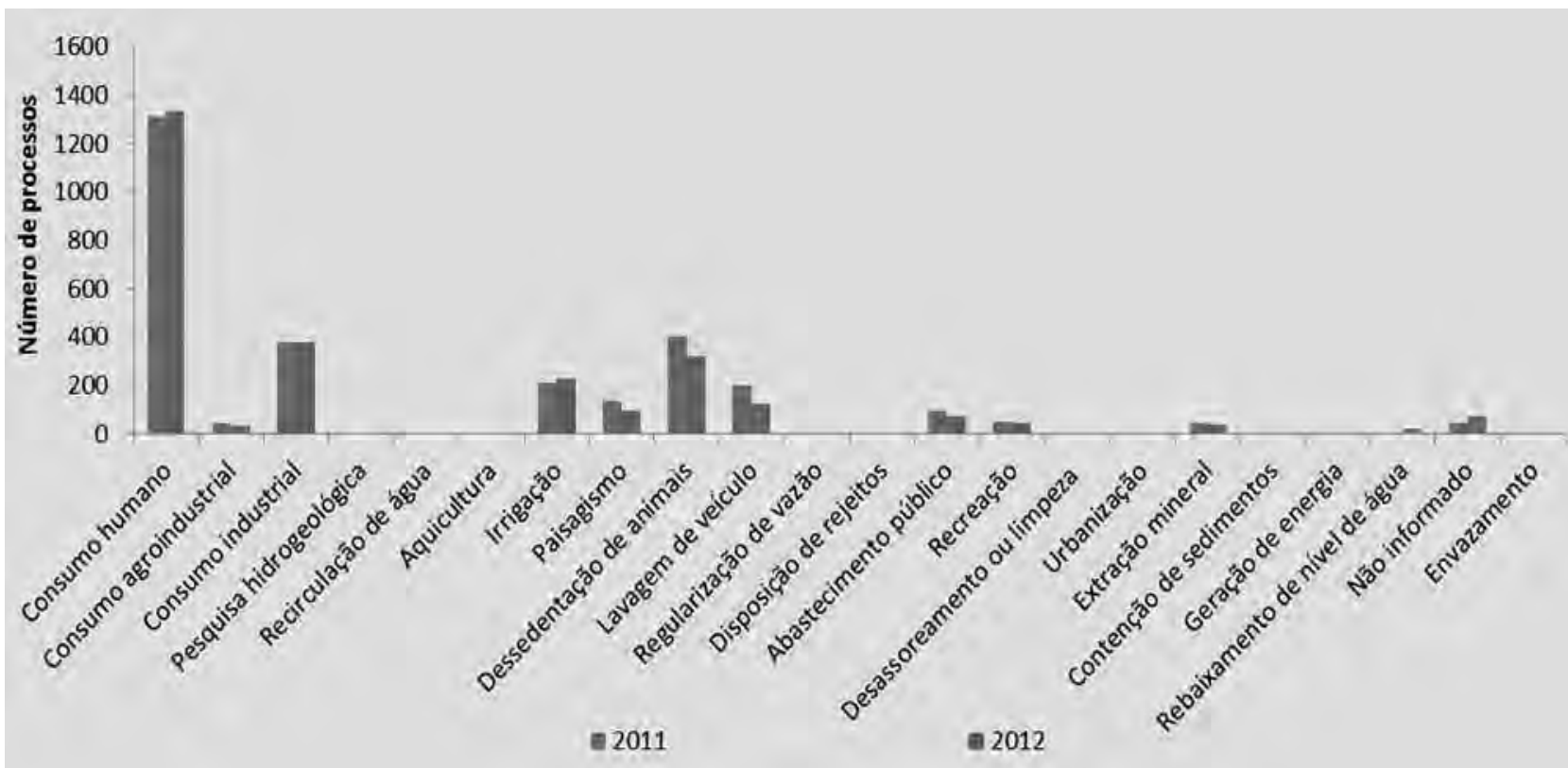


Figura 104: Comparação entre o número de processos de outorgas para água subterrânea emitidos em 2011 e 2012.

No monitoramento da qualidade da água, o Igam vem aprimorando, de maneira contínua, o tratamento dos dados de qualidade das águas superficiais e subterrâneas no Estado. No caso da rede de monitoramento superficial, os avanços consistem na ampliação do monitoramento de qualidade de água e na introdução da avaliação de cianobactérias e de biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos. Além disso, em 2012 foi realizada a implantação do Sistema de Cálculo de Qualidade de Água – SCQA, que integra o InfoHidro.

Ao avaliar a situação dos corpos d'água mineiros, tomando como referência a análise de tendência do IQA para o período de 2000 a 2012, verificou-se que 55% das estações de amostragem avaliadas apresentaram tendência ou possibilidade de redução do indicador (piora da qualidade da água) em todo o Estado. A tendência ou possibilidade de elevação (melhora da qualidade da água) foi verificada em 27% dos pontos, sendo esses integrantes da sub-bacia do rio das Velhas. Esse resultado reflete as ações desenvolvidas no âmbito do *Projeto Meta 2010: navegar, pescar e nadar no rio das Velhas, em sua passagem pela região metropolitana de Belo Horizonte, até 2010 e Meta 2014*, com investimentos, principalmente, em saneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte e em programas de proteção de nascentes, capacitação de operadores de ETE'S e gestores municipais, educação ambiental, fiscalização, além da melhoria de controle de fontes industriais.

Na Tabela 37 é apresentada uma síntese dos resultados dos indicadores IQA, CT e IET, por UPGRH, considerando a categoria desses indicadores que foi predominante no ano de 2012. O cálculo da proporção foi realizado para cada faixa de resultado dos indicadores, em termos percentuais. Adicionalmente também foram apresentados os fatores de pressão para cada uma das UPGRHs<sup>47</sup> do Estado de Minas Gerais.

No que se refere às águas superficiais verifica-se que em relação ao IQA houve predomínio da condição Média em 2012, já que em 79% das UPGRH's avaliadas essa foi a condição que prevaleceu nos pontos de monitoramento. A condição de qualidade boa (IQA Bom) predominou no Alto Jequitinhonha (JQ1), Rio Araguari (PN2), Rios Jequitaí e Pacuí (SF6), Rio Paracatu (SF7) e Rio Urucuia (SF8), sendo consideradas as melhores condições do Estado no ano de 2012. Já as UPGRH's localizadas no Entorno do Reservatório de Furnas (GD3), Afluentes Mineiros do Médio Grande (GD7), Afluentes Mineiros do Baixo Grande (GD8) e Rio Itapemirim (IP1) apresentaram predomínio de IQA Ruim.

No que se refere à Contaminação por tóxicos - CT verificou-se o predomínio da categoria Baixa em 98% das UPGRHs avaliadas, com exceção apenas do Rio Itaúnas (IU1) que apresentou 50% de seus resultados na categoria Média e 50% na Alta.

<sup>47</sup> Foram incluídas na avaliação as bacias do Leste (Rio Buranhém, Rio Jucuruçu, Rio Itanhém, Rio Peruípe, Rio Itaúnas) e as dos rios Itabapoana e Itapemirim, apesar de não serem consideradas como UPGRHs.

Com relação ao potencial de eutrofização (IET) verificou-se que 84% das UPGRH's avaliadas apresentaram predomínio da condição Mesotrófica. O predomínio do IET Ultraoligotrófico, que indica corpos de água com menor grau de trofia, foi verificado somente no Rio Sapucaí (GD5). Já a condição Eutrófica, que indica corpos de água com elevada produtividade, predominou nos Rios Buranhém (BU1) e Rio Itapemirim (IP1).

**Tabela 37:** Síntese dos resultados dos indicadores IQA, CT e IET, por UGRH, considerando a categoria desses indicadores que foi predominante no ano de 2012

Bacia Hidrográfica	UGRH	IQA Predominante	CT Predominante	IET Predominante	Fatores de Pressão
		2012	2012	2012	
Rio Buranhém	BU1 - Rio Buranhém	100%	100%	75%	Lançamento de esgoto sanitário.
Rio Doce	DO1 - Rio Piranga	78%	88%	44%	Lançamento de Esgoto Sanitário, Pecuária, Suinocultura, Assoreamento, Silvicultura, Atividades Minerárias.
	DO2 - Rio Piracicaba	79%	98%	40%	Carga Difusa, Desmatamento, Efluentes Industriais (siderurgia, têxtil, material cerâmico, curtimento de couro e de celulose), Lançamentos de Esgotos Sanitários, Pecuária e Silvicultura.
	DO3 - Rio Santo Antônio	75%	93%	75%	Agricultura (cana de açúcar, milho e capineira), Carga Difusa, Desmatamento, Erosão Lançamentos de Esgotos Sanitários, Pecuária, Extração de areia e Silvicultura.
	DO4 - Rio Suaçuí Grande	71%	98%	58%	Agricultura (Milho, Banana, capineira e cana de açúcar), Carga Difusa, Desmatamento, Efluentes Industriais (Siderurgia, tintas, pilhas e baterias, têxtil Material cerâmico), Erosão, Lançamentos de Esgotos Sanitários e Pecuária.
	DO5 - Rio Caratinga	66%	94%	50%	Agricultura (café), Carga Difusa, Desmatamento, Efluentes Industriais (alcooleira, química, curtume, frigoríficos, laticínios), Erosão Lançamentos de Esgotos Sanitários, Pecuária e Silvicultura.
	DO6 - Rio Manhuaçu	75%	97%	59%	Atividades Minerárias (areia, rochas ornamentais, argila e quartzo), Assoreamento, Agricultura (café e citricultura), Carga Difusa, Desmatamento, Efluentes Industriais (Beneficiamento de café, laticínio, indústrias de fertilizante, Serraria e cerâmica, Produtos de limpeza), Erosão, Lançamentos de Esgotos Sanitários, Pecuária e Silvicultura.
Rio Grande	GD1 - Alto Rio Grande	55%	95%	50%	Lançamento de Esgotos Sanitários, Pecuária, Agropecuária, Assoreamento, Carga Difusa, Erosão.

Avaliação da Geatão e da Situação do Recurso Hídrico em Minas Gerais

Bacia Hidrográfica	UPGRH	IQA Predominante	CT Predominante	IET Predominante	Fatores de Pressão
		2012	2012	2012	
	GD2 - Rio das Mortes e Rio Jacaré	71%	83%	40%	Pecuária, Efluentes de ETE, Lançamento de Esgotos Sanitários, Lançamento de efluente industrial, agropecuária, assoreamento, carga difusa, erosão.
	GD3 - Entorno do Reservatório de Furnas	63%	94%	38%	Lançamento de Esgoto Sanitário, Lançamento de efluentes industriais (Abatedouro e Laticínio), Pecuária, Agropecuária.
	GD4 - Rio Verde	71%	99%	54%	Lançamento de Esgotos Sanitários, Agropecuária, Atividade Minerária (Areia, Quartzito), Carga Difusa, Erosão, Pecuária.
	GD5 - Rio Sapucaí	73%	96%	44%	Lançamento de esgotos sanitários, Agropecuária, Atividade Minerária (Areia, Cascalho), Carga Difusa, Erosão, Lançamento de efluente industrial (Laticínio, Abatedouro), Pecuária.
	GD6 - Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu / Pardo	53%	85%	38%	Lançamento de esgotos sanitários, Agropecuária, Lançamento de efluentes industriais (Alimentos, Bebidas, Laticínio, Adubos, Fertilizantes e corretivos de solo), Silvicultura, Carga Difusa, Erosão, Pecuária, Atividade Minerária (Areia, Argila e Cascalho), Assoreamento, Suinocultura, Agricultura.
	GD7 - Afluentes Mineiros do Médio Grande	38%	76%	43%	Lançamento de esgoto sanitário, Lançamento de efluente industrial (Abatedouro, Alimento, Curtume, Laticínio, Têxtil), Agropecuária, Atividade Minerária (areia, argila), Pecuária.
	GD8 - Afluentes Mineiros do Baixo Grande	38%	88%	29%	Mineração de fósforo, Lançamento de efluente industrial (Abatedouro, açúcar, Destilação de Álcool, Laticínio), Pecuária, Agropecuária, Assoreamento, Carga Difusa, Erosão, Expansão Urbana, Lançamento de Esgoto Sanitário.
Rio Itabapoana	IB1 - Itabapoana	75%	100%	38% 38%	Lançamento de Esgoto Sanitário.

Avaliação da Geatão e da Situação do Recurso Hídrico em Minas Gerais

Bacia Hidrográfica	UPGRH	IQA Predominante	CT Predominante	IET Predominante	Fatores de Pressão
		2012	2012	2012	
Rio Itanhém	IN1 - Rio Itanhém	100%	100%	75%	Lançamento de esgoto sanitário, Extração areia / argila, Pecuária, Desmatamento
Rio Itapemirim	IP1 - Rio Itapemirim	63%	88%	50%	Mau uso do solo, agricultura (café).
Rio Itaúnas	IU1 - Rio Itaúnas	75%	50% 50%	50%	Mau uso do solo, Desmatamento e Erosão.
Rio Jequitinhonha	JQ1 - Alto Jequitinhonha	81%	94%	44%	Lançamento de esgoto sanitário, Pecuária, Mau uso do solo, Atividades Minerárias.
	JQ2 - Rio Araçuaí	52%	96%	56%	Lançamento de esgoto sanitário, Pecuária, Poluição Difusa.
	JQ3 - Médio / Baixo Rio Jequitinhonha	48%	90%	48%	Lançamento de esgoto sanitário, pecuária, mau uso do solo, atividades minerárias, fecularia.
Rio Jucuruçu	JU1 - Rio Jucuruçu	50% 50%	88%	50%	Lançamento de esgoto sanitário.
Rio Mucuri	MU1 - Rio Mucuri	52%	98%	52%	Mau uso do solo, atividades minerárias, Esgotos sanitários, Pecuária, Assoreamento, Erosão, Extração de areia, Poluição difusa, Fabricação de pólvoras.
Rio Pardo	PA1 - Rio Mosquito	55%	95%	55%	Lançamento de esgoto sanitário, Pecuária, Poluição difusa.
Rio Peruípe	PE1 - Rio Peruípe	75%	75%	50%	Esgoto sanitário de Serra dos Aimorés, Pecuária, Mau uso do solo, Agricultura (cana de açúcar) e Desmatamento.
Rio Piracicaba	PJ1 - Piracicaba / Jaguari	71%	86%	40% 40%	Lançamento de esgotos sanitários, Extração de areia e cascalho, Pecuária, Agricultura.
Rio Paranaíba	PN1 - Alto Rio Paranaíba	56%	98%	38%	Agricultura, Carga Difusa, Lançamento de esgotos sanitários, Erosão, Pecuária, Extração de minerais não metálicos, Matadouros, Indústria de Cerâmica.
	PN2 - Rio Araguari	48%	96%	29%	Indústria de laticínio, Lançamento de Esgoto sanitário, Carga Difusa, Mineração, Agropecuária, Indústria metalúrgica, Matadouros, Fabricação de adubos, Agricultura, Indústria de fertilizantes fosfatados.

Avaliação da Geatão e da Situação do Recurso Hídrico em Minas Gerais

Bacia Hidrográfica	UPGRH	IQA Predominante	CT Predominante	IET Predominante		Fatores de Pressão
		2012	2012	2012		
	PN3 - Afluentes Mineiro do Baixo Paranaíba	56%	98%	42%		Pecuária, Indústria de Laticínio, Agricultura, Carga Difusa, Lançamento de Esgotos sanitários, Indústria Sucoalcooleira, Indústria Metalúrgica, Indústria de cimentos e concreto.
Rio Paraíba do Sul	PS1 - Rios Preto e Paraibuna	61%	94%	44%		Agropecuária, Erosão, Carga difusa, Lançamento de Esgoto sanitário e Efluentes industriais (metalurgia, siderurgia, laticínio, curtumes, abate), Extração de pedras, argila e areia.
	PS2 - Rios Pomba e Muriaé	75%	93%	34%		Lançamento de esgotos sanitários, Lançamento de Efluentes industriais (papel/papelão, laticínio, rações, tinturaria, fabricação de argamassa, adubos e fertilizantes, móveis, concreto, lubrificantes, alimentos, tinturaria, galvanoplastia, abate de animais), Carga difusa, Extração areia/cascalho, Erosão, Pecuária, Suinocultura.
Rio São Francisco	SF1 - Afluentes do Alto São Francisco	57%	88%	39%		Lançamento de Esgoto sanitário, Pecuária, Carga difusa, Efluente industrial (laticínio).
	SF10 - Afluentes do Rio Verde Grande	67%	75%	33%		Agricultura, Lançamento de esgoto sanitário, Pecuária, Carga difusa e Lançamento de Efluente industrial (componente automotivo, matadouro, frigorífico, siderurgia e laticínios), Atividades minerárias (extração de areia).
	SF2 - Rio Pará	59%	86%	26%	26%	Esgoto de indústria de calçados, Indústria de materiais plásticos sintéticos, Lançamento de Esgoto sanitário, Metalurgia, Curtume, Agricultura, Pecuária, Suinocultura, Avicultura, Fertilizantes, Abatedouro, Siderurgia, Indústria têxtil, Produção de ferro gusa.
	SF3 - Rio Paraopeba	52%	93%	31%		Agricultura, Pecuária, Horticultura, Suinocultura, Lançamento de Esgoto sanitário, Tratamento de superfícies metálicas, Galvanoplastias, Siderurgia, Atividades Minerárias, Avicultura, Abatedouro, Extração de areia, Agropecuária, Indústria têxtil, Assoreamento.

Avaliação da Geatão e da Situação do Recurso Hídrico em Minas Gerais

Bacia Hidrográfica	UPGRH	IQA Predominante	CT Predominante	IET Predominante		Fatores de Pressão		
		2012		2012	2012			
	SF4 - Entorno de Três Marias	54%	97%	36%	Lançamento de Esgoto Sanitário, Pecuária, Extração de areia, Agricultura, Suinocultura, Carga difusa, Silvicultura, Lançamento de Efluentes industriais (laticínio, matadouro, fábrica de produtos orgânicos e frigoríficos), Atividades minerárias (garimpo).			
	SF5 - Rio das Velhas	44%			Lançamento de esgotos domésticos, Siderurgia, Mineração (extração e beneficiamento de minerais metálicos). Extração/beneficiamento minério de ferro, Reciclagem de lâmpadas, Metalurgia do ouro, Indústrias Químicas, Abate de animais, Indústrias de Papel e Papelão, Laticínios, Aguardente, Cervejaria, Têxteis, Rações, Adubos e fertilizantes, Alimentícias, Metalúrgicas, Cimenteiras, Produtos Químicos, Extração de areia/cascalho/argila, Extração/beneficiamento de calcário, Granjas, Curtume, Extração de pedras ornamentais, Agropecuária, Silvicultura, Expansão Urbana.			
	SF6 - Rios Jequitá e Pacuí	50%			88%	25%	25%	Lançamento de esgoto sanitário, Agricultura, Carga difusa, Pecuária, Extração de areia.
	SF7 - Rio Paracatu	51%			89%	44%		Silvicultura, Atividades minerárias (extração de areia), Erosão, Carga difusa, Pecuária, Agricultura, Lançamento de efluentes de indústrias de laticínio e esgotos sanitários.
	SF8 - Rio Uruçua	53%			96%	39%		Esgoto sanitário, Efluentes industriais (laticínio e destilaria), Pecuária, Carga difusa, Extração de areia, Agricultura, Processos erosivos.
	SF9 - Rios Pandeiro e Calindó	48%			93%	36%		Lançamento de esgoto sanitário, Pecuária, Agricultura, Carga difusa, Erosão, Extração de areia.
Rio São Mateus	SM1 - Rio São Mateus	67%	100%	67%		Esgoto sanitário de Ataléia e Mantena, Mau uso do solo, Erosão, Desmatamento, Agropecuária (café, milho, cana-de-açúcar) e Pecuária.		



O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas permite a caracterização e a avaliação das condições de qualidade, de forma a assegurar o uso adequado dessas águas e fornece subsídios para ações de prevenção e controle da poluição. Os principais resultados demonstram que as águas subterrâneas no Norte de Minas não apresentam qualidade adequada para o consumo humano, sendo desejável tratamento prévio ou restrições, em alguns casos.

Ao se considerar as violações ocorridas a partir dos parâmetros relacionados a riscos à saúde humana, os quais foram fixados pela Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde – nº 2914/2011, embora variável, na maior parte dos poços, a ocorrência de violações,

é relativamente baixa, em comparação com o número total de análises realizadas nas águas de cada poço. Entretanto, houve violações pontuais de parâmetros que implicam em riscos à saúde humana, especialmente: fluoreto, nitrato, bário, fenóis, arsênio, chumbo e zinco. Os fenóis e os nitratos podem ter origem associada a fontes antrópicas difusas, enquanto que o zinco, o bário e fluoreto, provavelmente, têm origens naturais, associadas à ocorrência de minerais-fonte. Já o ferro e o alumínio – relacionados a alterações de gosto e odor nas águas – podem ocorrer como resultado da interferência dos próprios poços de monitoramento na qualidade das águas.



## 6. Considerações Finais

O Estado de Minas Gerais, conforme apresentado, possui grande riqueza hídrica concentrando em seu território importantes rios federais (rios São Francisco, Grande, Paranaíba, Doce e Jequitinhonha) e abrangendo quatro Regiões Hidrográficas. Apresenta também grande diversidade biológica, física e socioeconômica, que reflete em dinâmicas diferenciadas na configuração do espaço. Em função disso, o Estado ocupa uma posição estratégica no país, no que se refere à gestão dos recursos hídricos.

Nesse sentido, o *1º Relatório de Gestão e Situação dos Recursos Hídricos de Minas Gerais*, por se tratar de uma publicação inédita do Igam, objetiva inaugurar uma série editorial que compile, analise e avalie, de forma periódica e integrada, a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos pelo SEGRH e as condições das águas superficiais e subterrâneas de domínio do Estado, tornando públicos seus resultados.

Essas informações visam possibilitar o conhecimento, de forma consolidada, da situação dos recursos hídricos no Estado e a identificação dos principais conflitos de uso da água, bem como os avanços e os desafios da gestão de tais recursos, sendo uma importante ferramenta para a avaliação do grau de implementação dos Instrumentos de Gestão. Cabe ressaltar que, enquanto uma fonte oficial de informações, o Relatório está aberto a críticas e sugestões com vistas ao aperfeiçoamento de sua metodologia e ao estreitamento de parcerias.

Ressalta-se ainda que fortalecimento da gestão das águas deve ser fruto da implementação e aprimoramento dos Instrumentos de Gestão previstos na Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como dos entes do Sistema. Esse fortalecimento depende, como mencionado anteriormente, da capacidade técnica, institucional e política, mas, principalmente, da capacidade de assegurar a sustentabilidade financeira do Sistema, com a ampliação e efetiva aplicação de recursos destinados às suas ações, tais como, aquelas previstas no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

## 7. Referências Bibliográficas

ABHA – Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. **Sobre Plano Diretor de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.abhaaraguari.org.br/portal/downloads/plano-diretor>>. Acesso em: 12/09/2013.

ADLER, R. F., *et al.* (2003), The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present), **J. Hydrometeorol.**, 4, 1147– 1167.

AGB PEIXE VIVO – Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo. **Sobre Comitês Estaduais**. Disponível em: <<http://www.agbpeixe vivo.org.br/index.php/comites/cbhs-estaduais>>. Acesso em: 12/09/2013.

ALVES, Túlio Bahia. **A implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari: um estudo de caso sobre a gestão descentralizada, integrada e participativa das águas em Minas Gerais**. Monografia de Conclusão do Curso de Especialização em Políticas Públicas. FAFICH, Universidade Federal de Minas Gerais: 2012. 120 p. Disponível em: [http://servicos.meioambiente.mg.gov.br/sophia\\_web/index.html](http://servicos.meioambiente.mg.gov.br/sophia_web/index.html)

ANA – Agência Nacional de Águas. 2013. **Cadastro Nacional dos Usuários de Recursos Hídricos**. Disponível em: <[http://cna rh gestor.ana.gov.br/cadastro/Exportar/frm\\_Exporta MDB.aspx](http://cna rh gestor.ana.gov.br/cadastro/Exportar/frm_Exporta MDB.aspx)>. Acesso em: 15 de setembro de 2013.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012b. 215 p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012**. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012. 264 pag. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/PanoramadaQualidadedasAguas.asp>> Acesso em: 10 nov. 2012.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água**. Brasília: SAG, 2012a. 103 p.

ARGENTINA/BRASIL/PARAGUAI/URUGUAI/GEF/BM/OEA. Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní, Secretaria-Geral do Projeto. **Informe Final de Hidrogeologia** – Consorcio Guaraní, 2008.

ASFORA, M. C.; ROCHA, J. C. S. da; REZENDE, A. C. Sistema de informações sobre Recursos Hídricos de Sergipe: Modelo Conceitual. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 14, 2001, Aracaju. Anais... São Paulo: S. Rimo, 2001. 1 CD-ROM.

BASTOS, C. C.; FERREIRA, N. J. Análise climatológica da alta subtropical do Atlântico Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 11, 2000, Rio de Janeiro. Anais... 2000. p. 612-619.

BORSATO, V. A.. **A Participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Auto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. Tese (parcial), (Doutorado) Nupelia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.

BORSATO, V. da A. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período 1980 a 2003. **Revista Brasileira de Climatologia**. Associação Brasileira de Climatologia. Presidente Prudente. SP. Ano 6 - V.07, pp. 87-102, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Cadastro Nacional dos Usuários de Recursos Hídricos – CNARH**. Disponível em : <<http://www.cnarh.ana.gov.br/sistemacnarh.asp>>. Acesso em: 12 set. 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil do Brasil: Texto Constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 56/2007 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 464 p.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm)>. Acesso em: set. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. DOU de 04/01/2012, Seção 1, p. 43 - 49. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Acesso em: set. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2008a. **Resolução Conama N° 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. DOU nº 66, 07/04/2008, Seção 1, p. 64 - 68. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília: Diário Oficial da União, 2008.

BRASIL. **Relatório: Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos: O Estado da Arte**. Recife: MMA/SRH/PROÁGUA-Semi-Árido. Coord.: Rodrigo Flecha Ferreira Alves, 2000. 176p.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. Alocação e realocação do direito de uso da água: uma proposta de modelo de mercado limitado no espaço. In: **REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS**, v.7, no2. abr/jun. Porto Alegre. ABRH, 2002. p 5-16.

CANADIAN COUCL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. **Canadian environmental quality guidelines**. Winnipeg: CCME, 2011

CARLSON, R. E., 1977a. More complications in the chlorophyll-Secchi disk relationship. **Limnology and Oceanography**. 25:378-382.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes: **Apêndice B, Série Relatórios**. 2008.

CHEN, M., *et al.* 2007. A global daily gauge-based precipitation analysis, Part I: assessing objective techniques. **32nd NOAA Climate Diagnostic & Prediction Workshop**, Oct. 22-26, 2007, Tallahassee, FL.

CONSÓRCIO DOS MUNICÍPIOS DO LAGO DE TRÊS MARIA-COMLAGO. **Cadastro dos usuários de recursos hídricos da bacia hidrográfica do entorno do lago de Três Marias**. Relatório Final. Três Marias, 2008.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO1 – PARH Piranga**. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. 125 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010a. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO2 – PARH Piracicaba**. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. 100 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010b. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO3 – PARH Santo Antônio**. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. 100 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010c. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO4 – PARH Suaçuí**. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. 115 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010d. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO5 – PARH Caratinga**. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. 105 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010e. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO6 – PARH Manhuaçu**. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. 102 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010f. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde**. Volume 2. 575 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2012. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Rio Urucuia – SF8**. Prognóstico e Programa de Ações. 643 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2012. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros – SF9**. Prognóstico e Programa de Ações. 1185 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2013. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Urucuia – SF8**. Relatório Final. Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Urucuia. Vol I. 269 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2013. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros – SF9**. Relatório Final. Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros. Vol I. 967 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2013. **Plano Diretor de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Águas da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande – GD1**. Relatório Arranjo Institucional. 120 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2013. **Plano Diretor de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Águas da Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré – GD2**. Relatório Arranjo Institucional. 122 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2013. **Plano Diretor de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Água da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande – GD1**. Volume II. 491 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME-SKILL. 2013a. **Plano Diretor de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Água da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes – GD2**. Volume II. 491 p.

CONSÓRCIO ECOPLAN-SKILL. 2013. **Atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. R02B – Diagnóstico Específico das UTES: TOMO I-IV**.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Siagas – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (Brasília – DF). **Mapa da distribuição espacial de poços cadastrados no Siagas até o ano de 2012, incluindo poços de abastecimento público e de abastecimento doméstico**. Brasília, 2012.

ECOPLAN Engenharia LTDA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**. Relatório Síntese. p. 9. Brasília, 2011.

ESTEVES, F. A. Eutrofização Artificial. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2a. Edição. Rio de Janeiro: Interciência LTDA, 1998. p. 504.

FILGUEIRAS, J. A. R.; FELIPPE, M. F.; NOGUEIRA, R. F.; BRAGA, F. S. A contribuição da base hidrográfica digital ottocodificada para a construção de sistemas de apoio à decisão (SAD). **Anais do VII Congresso Mundial da Água**. Porto de Galinhas, 2011.

FUNDAÇÃO ROGE – Fundação Educacional de Ensino de Técnicas Agrícolas, Veterinárias e de Turismo Rural. 2010. **Plano Diretor de Recursos Hídricos dos Afluentes Mineiros Rios Mogi-Guaçu/Pardo – Relatório Síntese**. 270 p.

FUPAI – Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria. 2012. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas: Relatório Final**. 423 p.

GAMA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2010. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí – Relatório Final**. Volume III. 268 p.

GAMA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2012. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo rio Jequitinhonha – PDRH-JQ3**. Fase III: Programa de Investimentos. 546 p.

GAMA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2012. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto rio Jequitinhonha – PDRH-JQ1**. Fase III: Programa de Investimentos. 546 p.

GAMA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2012. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – PDRH-PA1**. Fase III: Programa de Investimentos. 492 p.

GEOAMBIENTE. **Relatório Cadastro de Usuários de Água Porção Mineira das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PJ1)**. Belo Horizonte, 2005.

GRABHER, C; BROCHI, D. F.; LAHÓZ, F. C. C. Multiplicando os Conhecimentos para a Gestão das Águas, Educação Ambiental voltada à Gestão dos Recursos Hídricos. Adaptação do livro: **A Gestão dos Recursos Hídricos – buscando o caminho para as soluções**. 2010. 42 p.

IAD – INSTITUTO DE AUTODESENVOLVIMENTO. **Cadastro de Água na Bacia do Rio Piracicaba**. Relatório Final. João Monlevade, 2009.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2013. **Website: Página inicial**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso em: 11/06/2013.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Manual Técnico de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: 2010, 105 p.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH** / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2011. (Resumo executivo volumes I ao IV).

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH** / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 166p. (Relatório Final 1ª Etapa).

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. PORTAL DOS COMITÊS. **Sobre Comitês Estaduais**. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em 12/09/2013.

IGAM / CBH PARACATU. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu**. Resumo Executivo, 2006. 386 p.

IGAM/CNPq – Instituto Mineiro de Gestão das Águas / Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2013. **Capacitação de Agentes do Órgão Gestor de Recursos Hídricos de Minas Gerais no Processo de Atualização e Complementação do Cadastro de Usuários de Água, com Vistas à Implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos**. Documento interno.

IRRIGART. 2009. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba/Jaguari**. 139 p.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro Censitário e Declaratório dos Usuários de Recursos Hídricos Significativos nas UPGRH's Afluentes do Alto São Francisco, do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas (SF1, SF3 e SF5). **Relatório Final UPGRH SF1**. Volume I. Descritivo, 2010.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro Censitário e Declaratório dos Usuários de Recursos Hídricos Significativos nas UPGRH's Afluentes do Alto São Francisco, do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas (SF1, SF3 e SF5). **Relatório Final UPGRH SF2**. Volume I. Descritivo, 2010.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro Censitário e Declaratório dos Usuários de Recursos Hídricos Significativos nas UPGRH's Afluentes do



Alto São Francisco, do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas (SF1, SF3 e SF5). **Relatório Final UPGRH SF3**. Volume I. Descritivo, 2010.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro de Usuários de Água nas UPGRH's dos Rios Jequitai e Pacuí (SF6), dos Afluentes Mineiros do Rio Paracatu (SF7), do Rio Urucuia (SF8) e dos Afluentes Mineiros do Médio Rio São Francisco (SF9), pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais. **Relatório Final UPGRH SF6**. Volume I. Belo Horizonte, 2011.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro de Usuários de Água nas UPGRH's dos Rios Jequitai e Pacuí (SF6), dos Afluentes Mineiros do Rio Paracatu (SF7), do Rio Urucuia (SF8) e dos Afluentes Mineiros do Médio Rio São Francisco (SF9), pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais. **Relatório Final UPGRH SF7**. Volume I. Belo Horizonte, 2011.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro de Usuários de Água nas UPGRH's dos Rios Jequitai e Pacuí (SF6), dos Afluentes Mineiros do Rio Paracatu (SF7), do Rio Urucuia (SF8) e dos Afluentes Mineiros do Médio Rio São Francisco (SF9), pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais. **Relatório Final UPGRH SF8**. Volume I. Belo Horizonte, 2011.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. Cadastro de Usuários de Água nas UPGRH's dos Rios Jequitai e Pacuí (SF6), dos Afluentes Mineiros do Rio Paracatu (SF7), do Rio Urucuia (SF8) e dos Afluentes Mineiros do Médio Rio São Francisco (SF9), pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais. **Relatório Final UPGRH SF9**. Volume I. Belo Horizonte, 2011.

IRRIPLAN ENGENHARIA LTDA. **Ratificação e complementação das informações do cadastro de outorgas da bacia do rio Araguari**. Relatório Final. Volume I. Belo Horizonte, 2011.

JUSTI DA SILVA, M. G. A.; DIAS, M. A. F. S.. A frequência de fenômenos meteorológicos na América do Sul: Uma climatologia. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz do Iguaçu, 2002.

KODAMA, Y., 1993. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (The Baiu Frontal Zone, The SPCZ and The SACZ), Part I: Characteristics of Subtropical Precipitation Zones. **J. Met. Soc. Japan**, 70: 813-836.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo: USP, 2004. 237 p. Tese (Doutorado em Ciências na área de ecossistemas terrestres e aquáticos) - Programa de Pós-Graduação em Ciências, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARIANI, A. C. **Teoria dos grafos**. Livro eletrônico. Departamento de Informática e Estatística. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/grafos/livro.html>>. Acesso em: 7 de maio de 2011.

MATTOS, L. F. **O papel da deformação horizontal na frontogênese na Região Sul brasileira**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987.

MINAS GERAIS. Associação Executiva de Apoio à Gestão de bacias Hidrográficas Peixe Vivo AGB - Peixe Vivo. **Relatório de Consistência dos dados dos Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará inseridos no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH**. Belo Horizonte, 2011. pág. 37.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 41.578 de 08 de março de 2001**. Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre Política Estadual de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2001.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 41.578, de 08 de março de 2001**. Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=689>>.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 44.046, de 13 de Junho de 2005**. Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=4771>>.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 45.230 de 03 de dezembro de 2009**. Regulamenta a Lei nº 15.910, de 21 de dezembro de 2005, que dispõe sobre o Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais - FHIDRO. Belo Horizonte, 2001.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 45.565 de 22 de março de 2011**. Aprova Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-MG. Belo Horizonte, 2011.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH nº 19, de 28 de junho de 2006**. Regulamenta o art. 19, do Decreto 41.578/2001 que dispõe

sobre as agências de bacia hidrográfica e entidades a elas equiparadas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8710>>.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH nº 22, de 25 de agosto de 2008**. Dispõe sobre os procedimentos de equiparação e de desequiparação das entidades equiparadas da agência de bacia hidrográfica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8337>>.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH-MG nº 09, de 16 de junho de 2004**. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=209>>. Acesso em: 18/09/2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH-MG nº 34, de 16 de agosto de 2010**. Define o uso insignificante de poços tubulares localizados nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos que menciona e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14468>>. Acesso em: 25/09/2013.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br>>. Acesso em 20/08/2013.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual nº 15.910 de 21 de dezembro de 2005.** Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.

MORAES, T. C. KNOPP, G. **Projeto de Qualificação em Gestão e Fortalecimento Institucional dos Comitês de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais: parceria Estado e sociedade civil organizada para o desenvolvimento sustentável.** Disponível em:

<[http://www.escoladegoverno.pr.gov.br/arquivos/File/Material %20ONSAD/paineis III congresso consad/painel 29/projeto de qualificacao em gestao e fortalecimento institucional dos comites de bacias hidrograficas de minas gerais parceria estado sociedade civil o rganizada para o desenvolvimento sustentavel.pdf](http://www.escoladegoverno.pr.gov.br/arquivos/File/Material%20ONSAD/paineis%20III%20congresso%20consad/painel%2029/projeto%20de%20qualificacao%20em%20gestao%20e%20fortalecimento%20institucional%20dos%20comites%20de%20bacias%20hidrograficas%20de%20minas%20gerais%20parceria%20estado%20sociedade%20civil%20organizada%20para%20o%20desenvolvimento%20sustentavel.pdf)>.

MUNDIM, R. A. L. **Fatores intervenientes no processo de enquadramento: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Verde.** Ouro Preto: UFOP, 2011. 92 p. (Programa de Pós – graduação Mestrado em Engenharia Ambiental). Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto. 2011.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

PAIVA, M. P. Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e da ocorrência de veranico na bacia do rio Doce. 1997. 65 f. Dissertação

(Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

NOGUEIRA, R. F. **Uso da codificação hidrográfica segundo o método de Otto Pfafstetter para análise hidrológica da bacia do Rio Paraopeba (MG).** Belo Horizonte, 2010. 63 p. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

OEA – Organização dos Estados Americanos. Aquífero Guarani: programa estratégico de ação = Aquífero Guaraní: Programa Estratégico de Acción: **Relatório do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani.** Edição bilíngue – Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai: Organização dos Estados Americanos (OEA), janeiro/2009. 424 p.

PAGNOCCHESCHI, Bruno. **A Política Nacional de Recursos Hídricos no cenário da integração das políticas públicas.** In: MUÑOZ, Hector Raul (Org.). Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas de 1997. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000, p. 31-57.

PAGNOCCHESCHI, Bruno. **A Política Nacional de Recursos Hídricos no cenário da integração das políticas públicas.** In: MUÑOZ, Hector Raul (Org.). Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas de 1997. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000, p. 31-57.

PFRAFSTETTER, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação.** Rio de Janeiro, RJ: DNOS, 1989.