

De acordo com as informações retiradas do banco de dados do Sistema de Informações Ambientais do Estado de Minas Gerais - SIAM, entre 2011 e 2012, foram emitidas no Estado um total de 6.130 Portarias de Outorgas, sendo 3.163 em 2011, e 2.967 em 2012.

4.2.1.1 Setores de usuários: Saneamento, Irrigação, Indústria, Mineração, Hidroeletricidade, Transporte Hidroviário

As outorgas emitidas, em 2011, para as finalidades de saneamento, irrigação, indústria, mineração, hidroeletricidade totalizaram em 607 Portarias de Outorga, de acordo com a Figura 35. Ressalta-se que para a finalidade de transporte hidroviário não houve nenhuma outorga emitida.

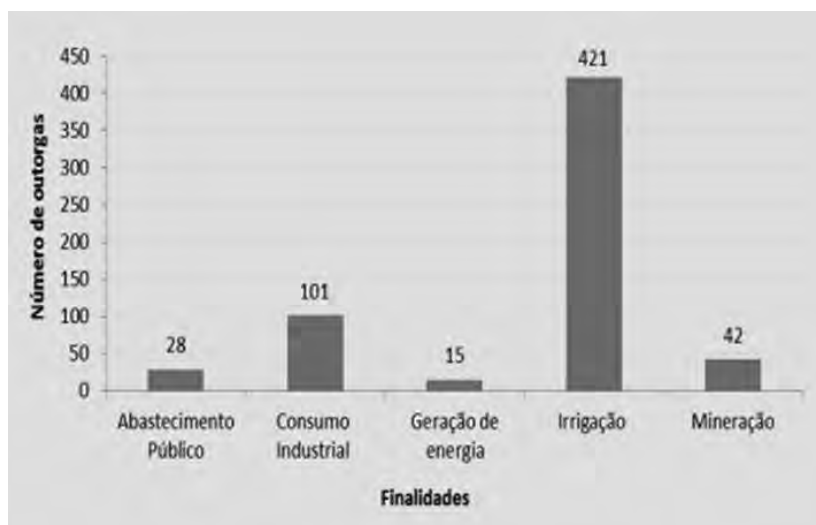


Figura 35: Outorgas emitidas em 2011 para as finalidades saneamento, irrigação, indústria, mineração, hidroeletricidade.

As outorgas emitidas em 2012 para as finalidades de saneamento, irrigação, indústria, mineração, hidroeletricidade totalizaram em 510 Portarias, de acordo com a Figura 36. Ressalta-se que para a finalidade de transporte hidroviário não houve nenhuma outorga emitida.

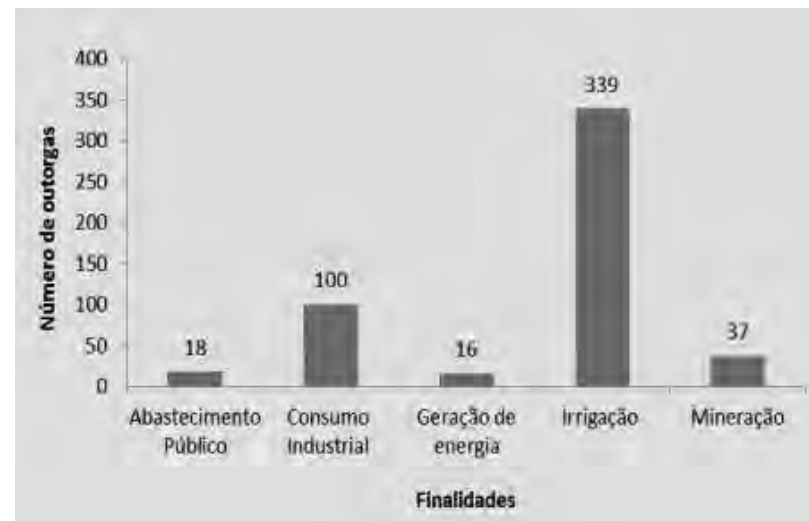


Figura 36: Outorgas emitidas em 2012 para as finalidades saneamento, irrigação, indústria, mineração, hidroeletricidade.

4.2.1.2 Usos consuntivos outorgados em 2012

Os usos consuntivos da água foram discriminados por finalidades para cada UPGRH. Vale ressaltar, que as finalidades destacadas como: abastecimento público, consumo humano, consumo industrial, consumo agroindustrial, irrigação, lavagem de veículos e urbanização, foram consideradas como usos consuntivos devido ao modo de uso outorgado.

Foi verificado também que houve em algumas UPGRH's o agrupamento de mais de uma finalidade, sendo demonstrado conforme as Figuras 37 a 52.

As Figuras 47 a 51 apresentam a evolução dos registros de outorga por finalidade no período de 2008 a 2012. Foram consideradas as finalidades: abastecimento público, consumo agroindustrial, consumo humano, dessedentação de animais, consumo industrial e irrigação. A Figura 52 resume as anteriores, 47 a 51, apresentando todas as outorgas concedidas no período de 2008 a 2012.

BACIA DO RIO DOCE

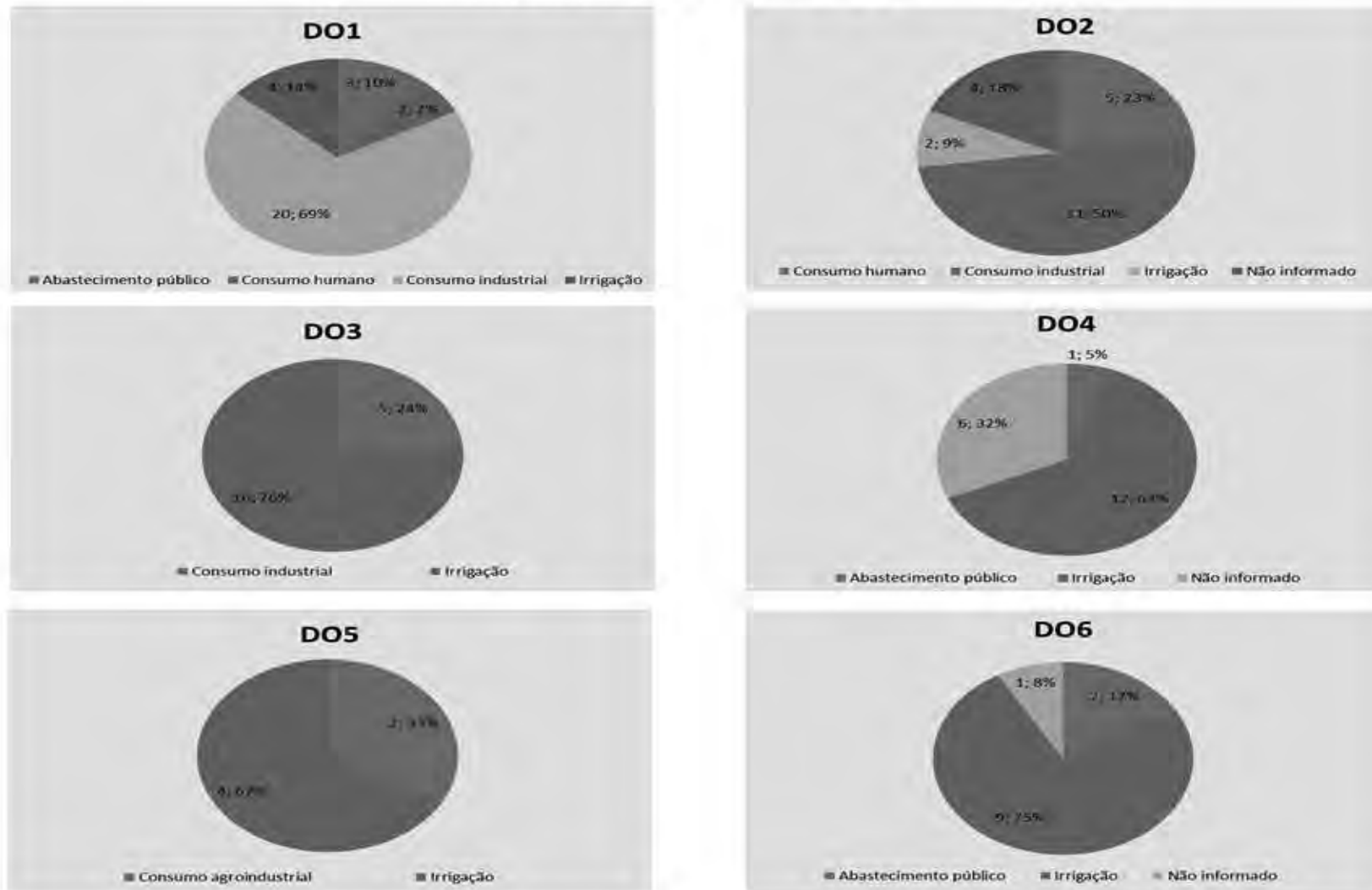


Figura 37: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Doce

BACIA DO RIO GRANDE: GD1 A GD4

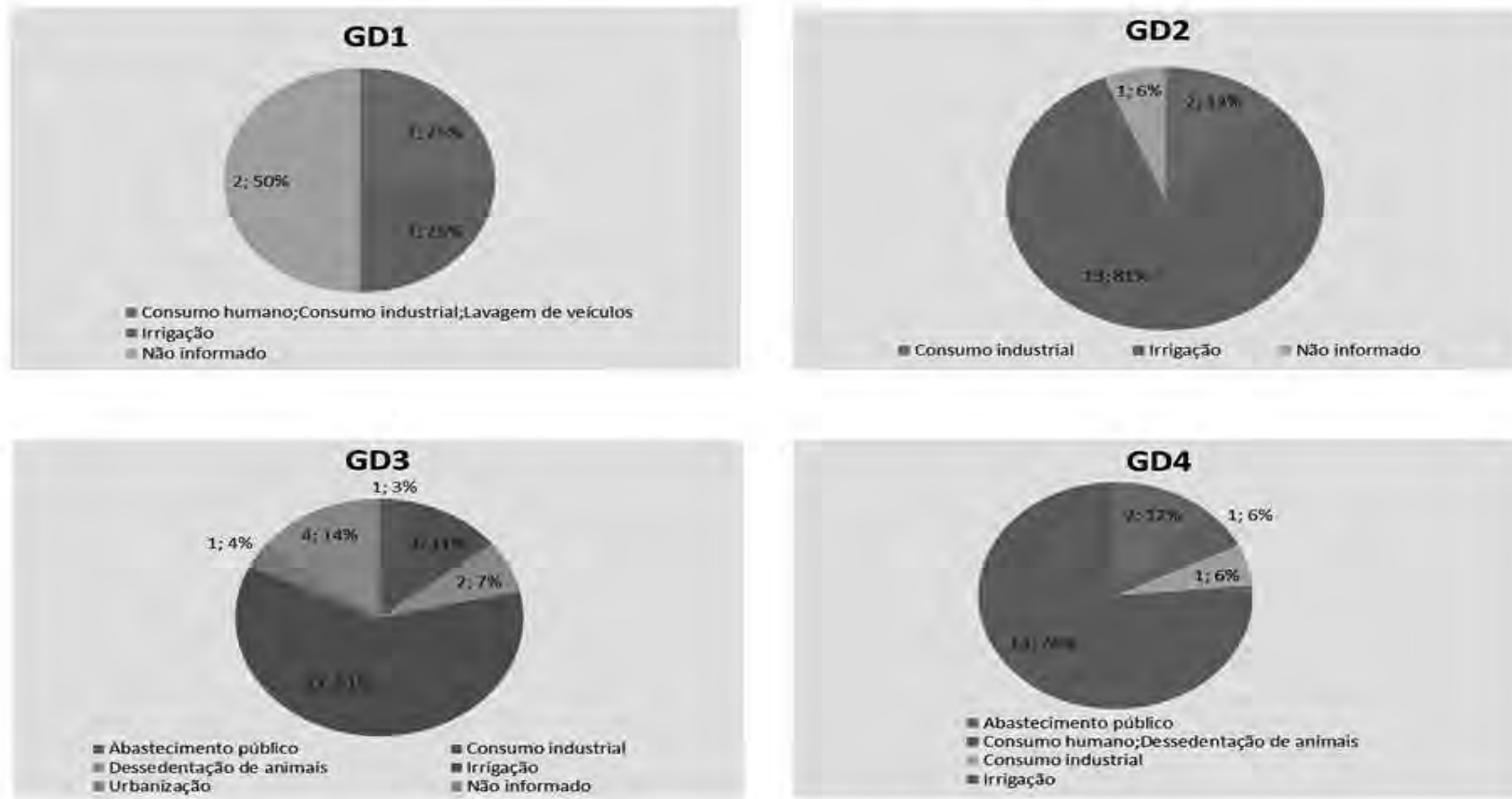


Figura 38: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD1 a GD4).

BACIA DO RIO GRANDE: GD5 A GD8

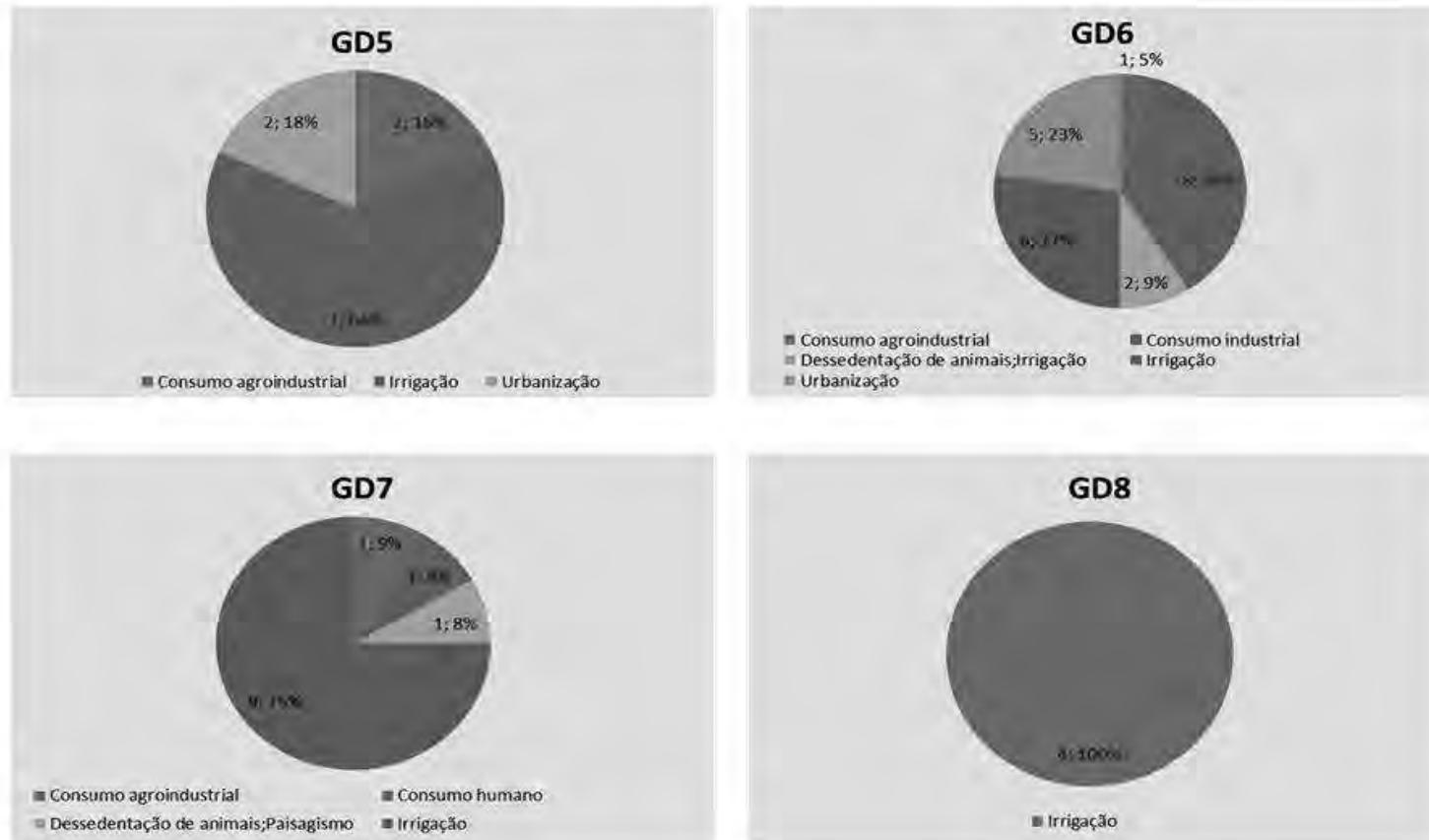


Figura 39: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD5 a GD8).

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

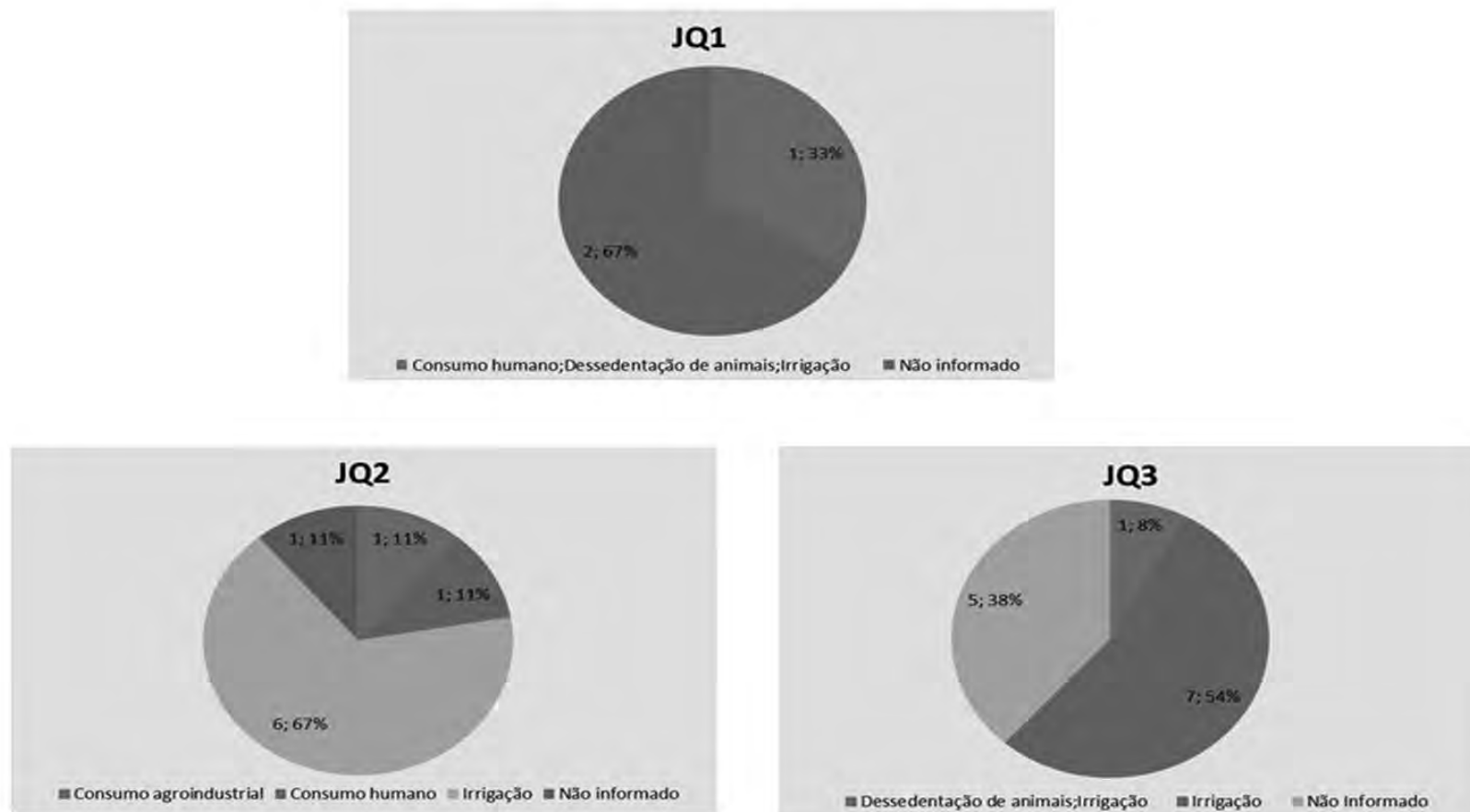


Figura 40: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

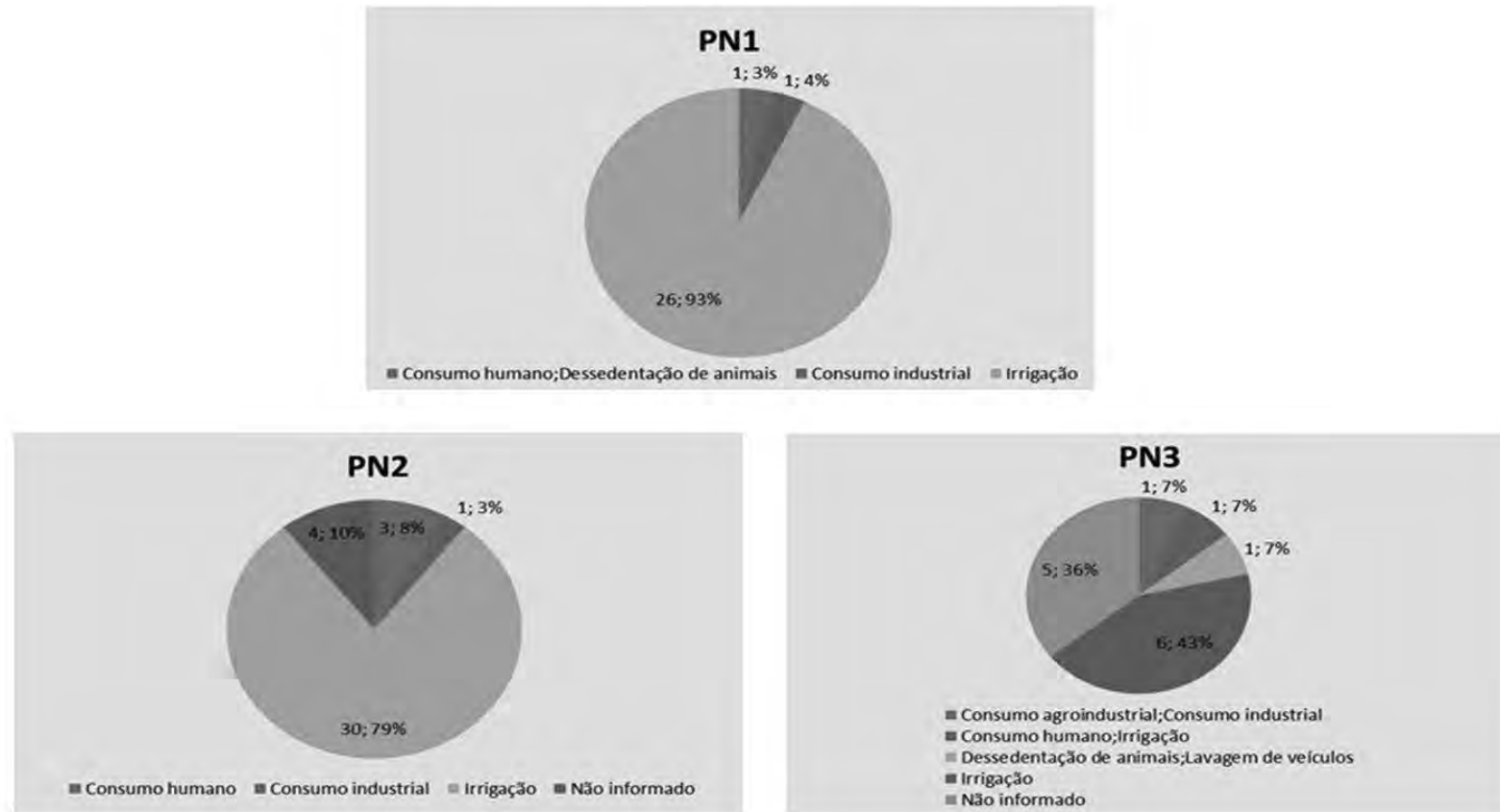


Figura 41: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

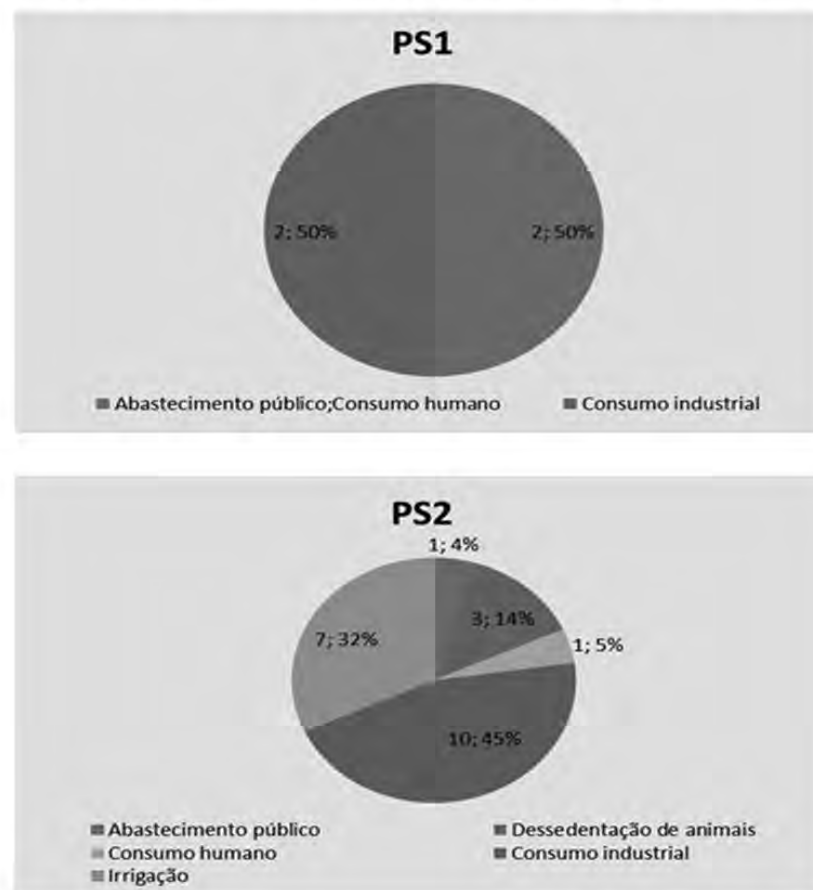


Figura 42: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: SF1 A SF5

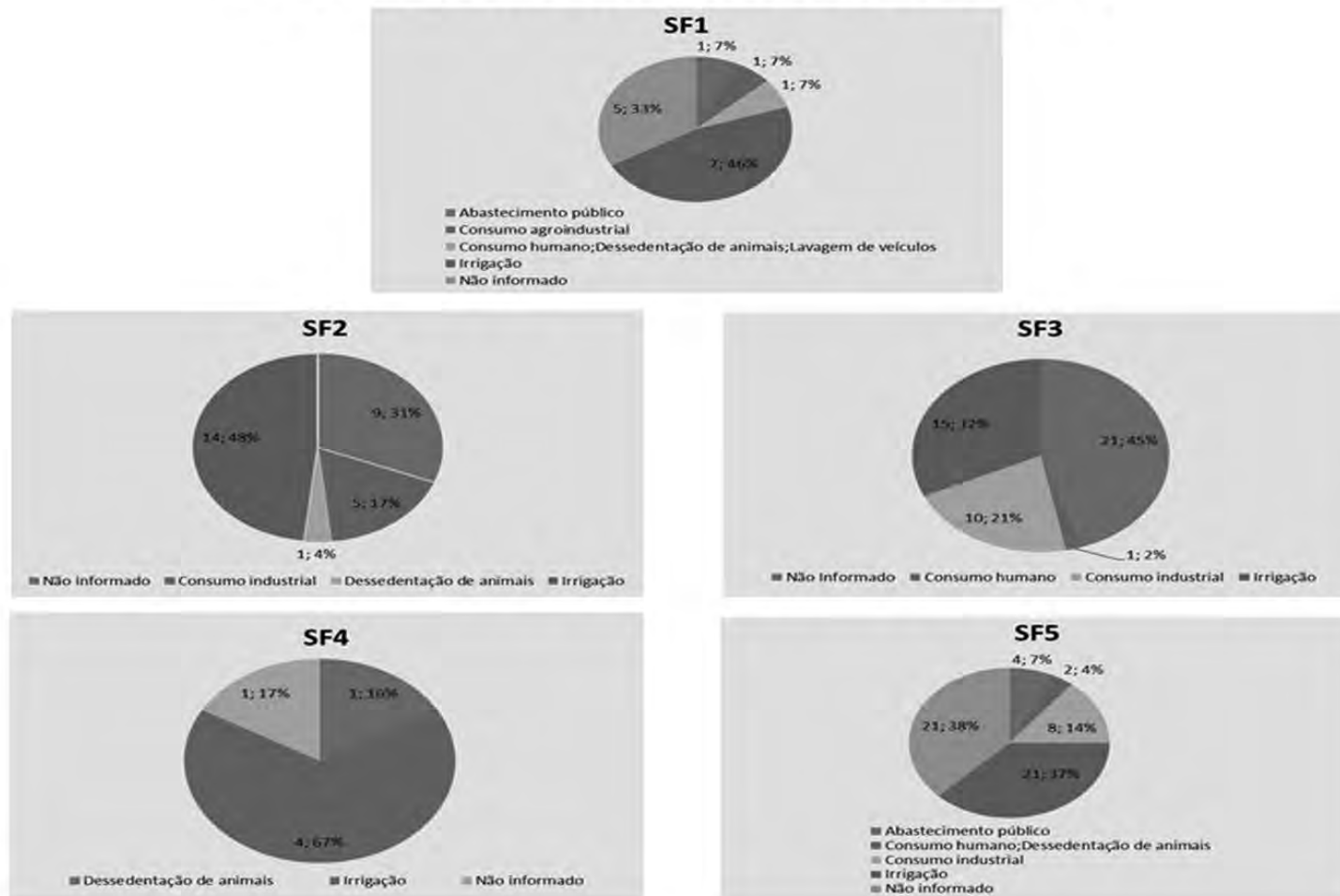


Figura 43: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SF1 a SF5).

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: SF6, SF7, SF8 E SF10

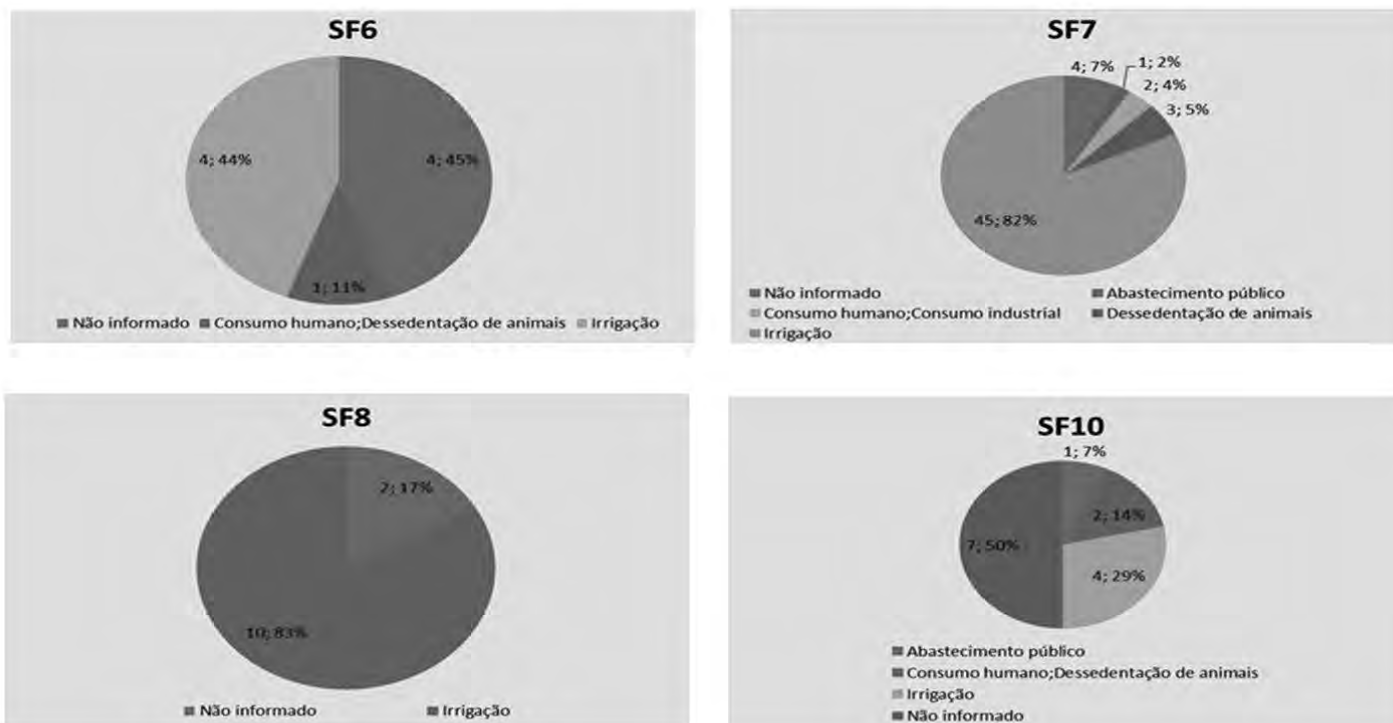


Figura 44: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SF6, SF7, SF8, SF10).

BACIA DO RIO PARDO



Figura 45: Usos outorgados em 2012 na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

BACIAS DOS RIOS MUCURI, SÃO MATEUS, ITABAPOANA



Figura 46: Usos outorgados em 2012 nas Bacias Hidrográficas do Rio Mucuri, São Mateus e Itabapoana.

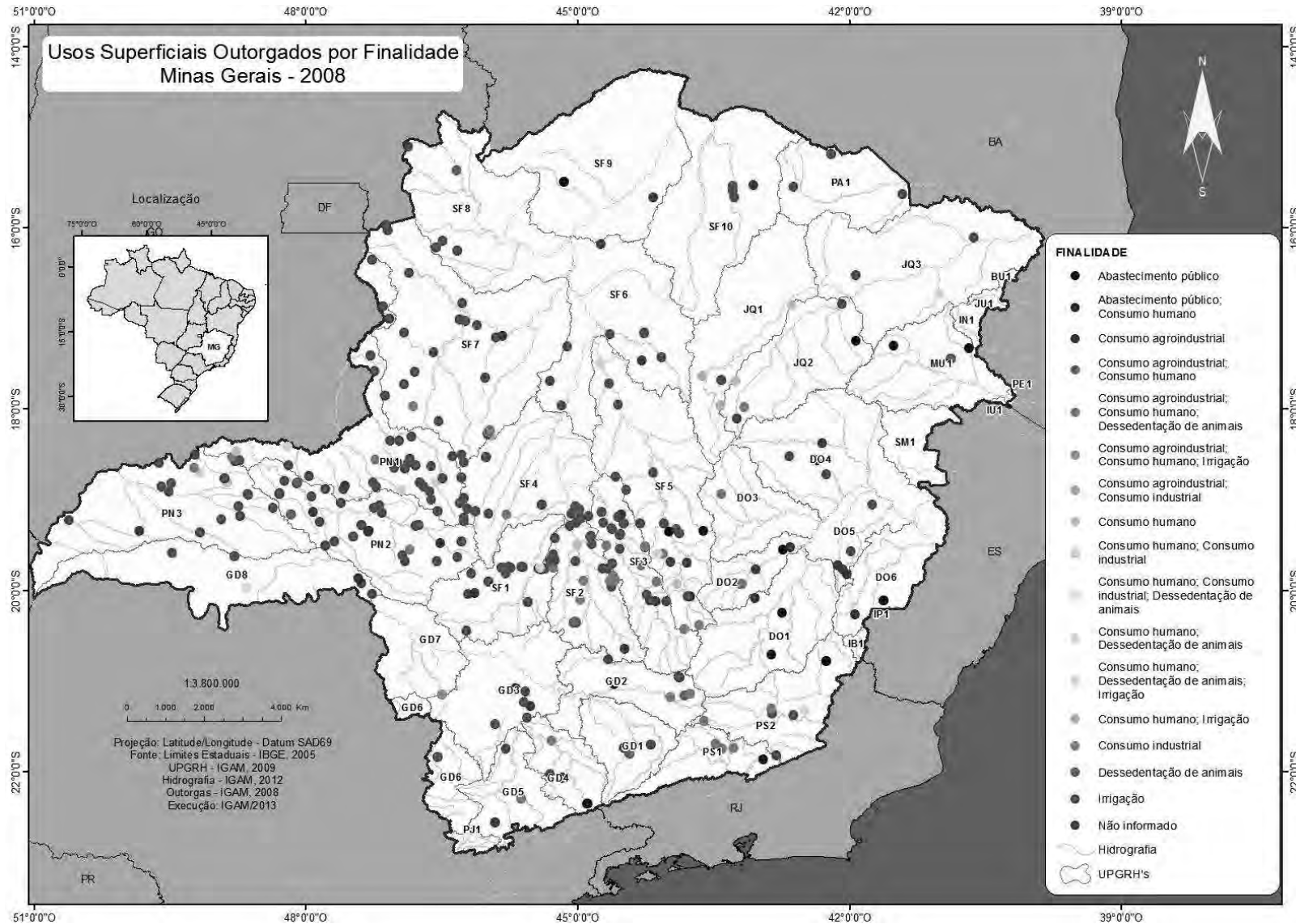


Figura 47: Usos superficiais outorgados por finalidade, em 2008.

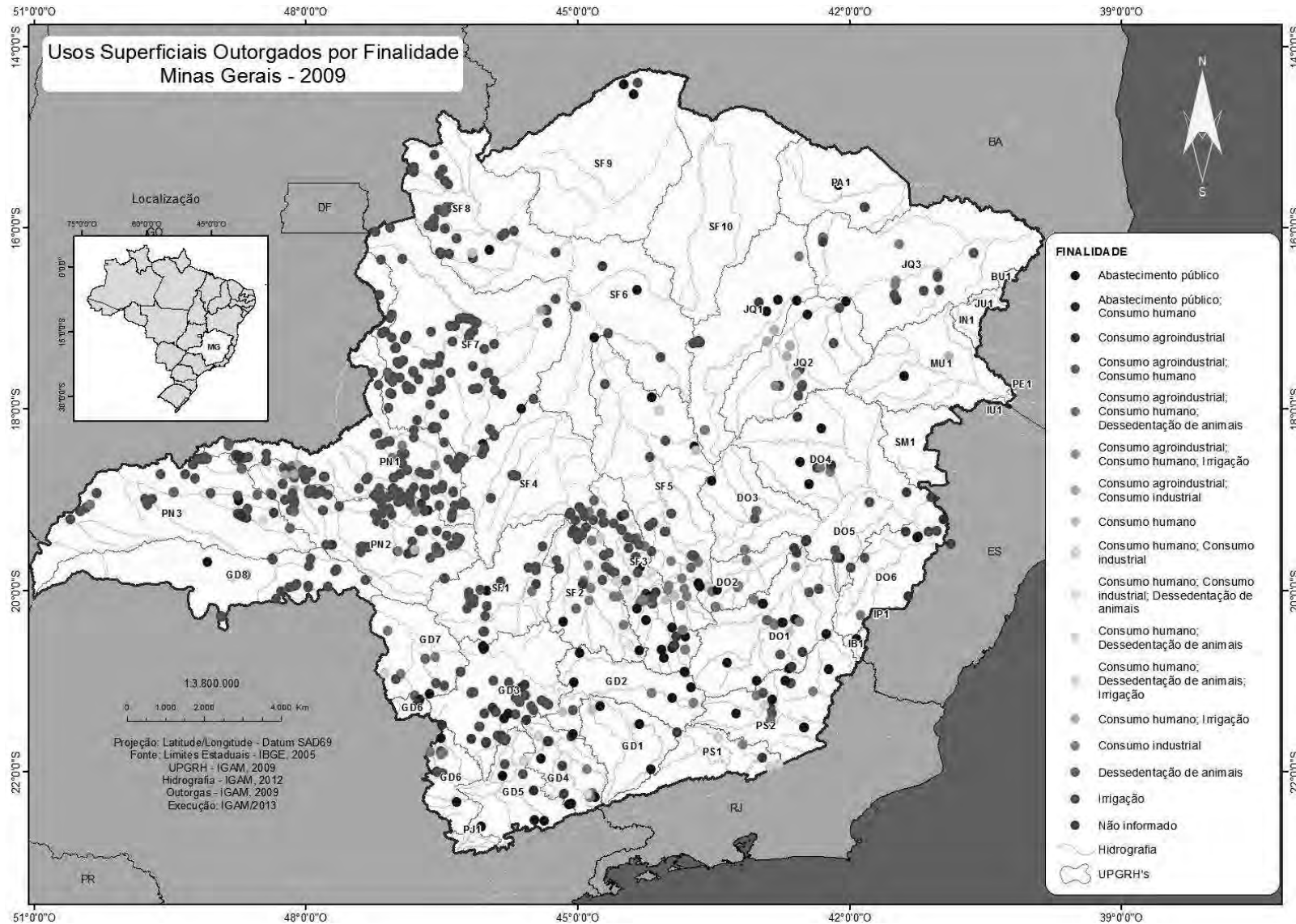


Figura 48: Usos superficiais outorgados por finalidade, em 2009.

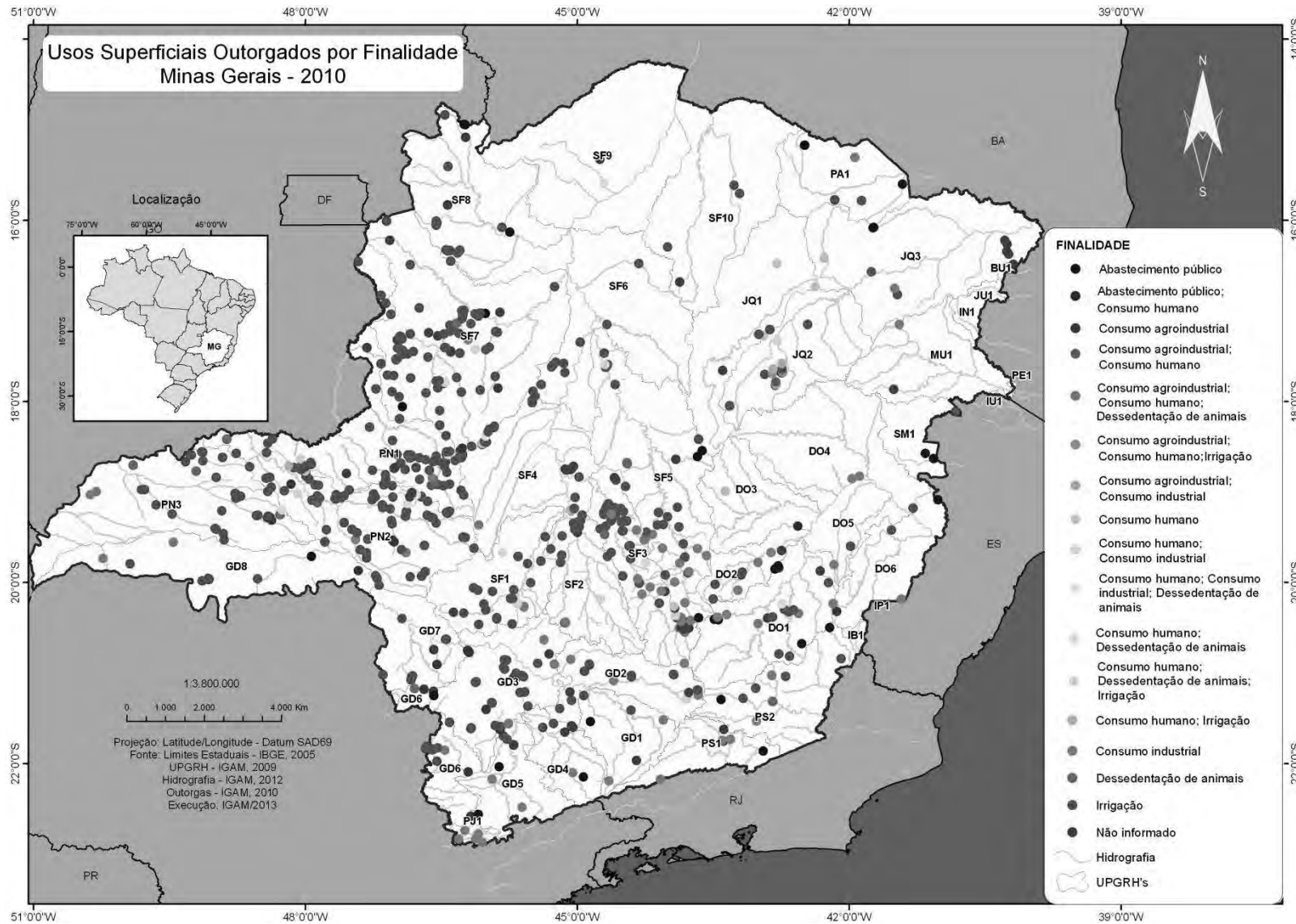


Figura 49: Usos superficiais outorgados por finalidade, em 2010

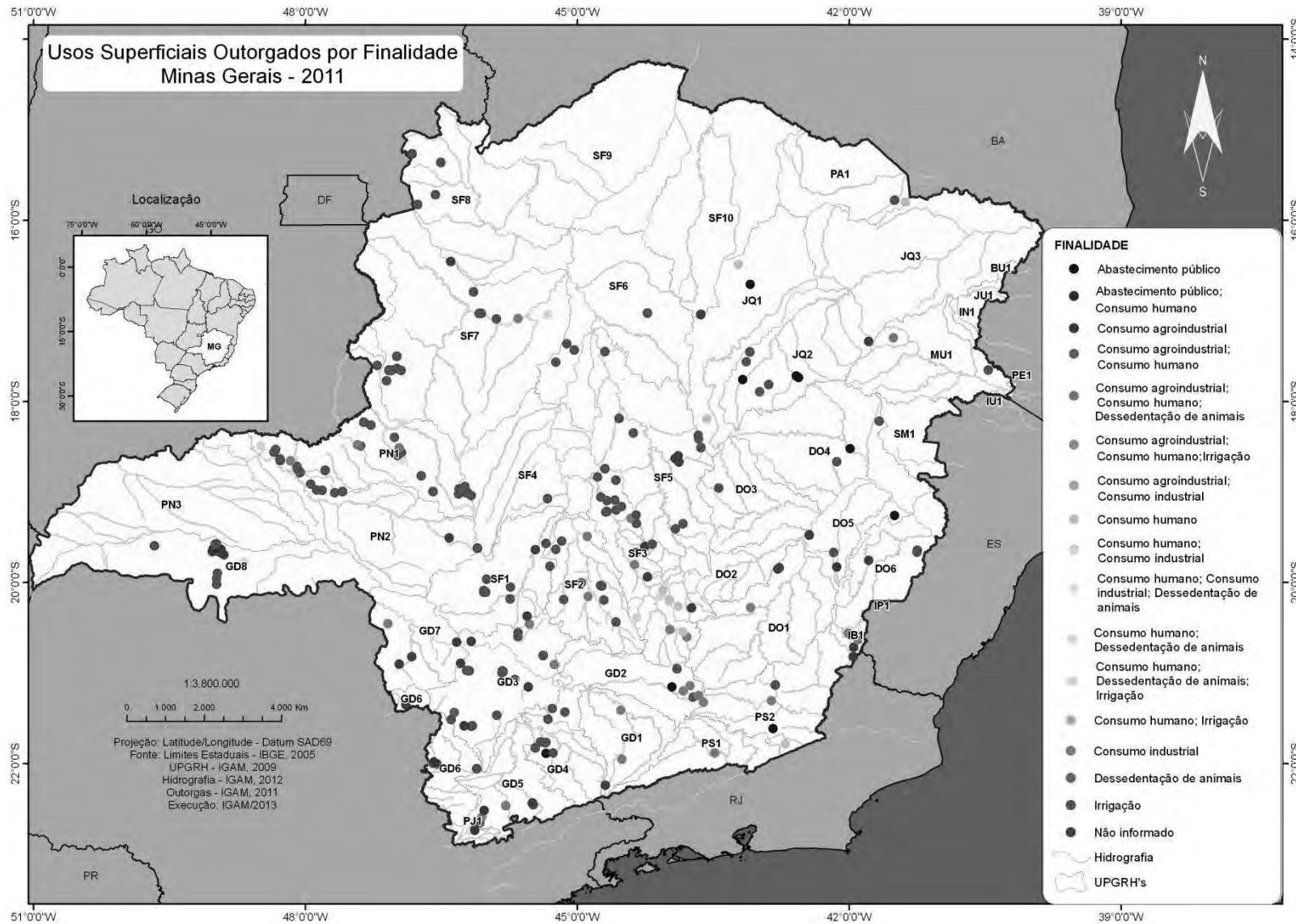


Figura 50: Usos superficiais outorgados por finalidade, em 2011.

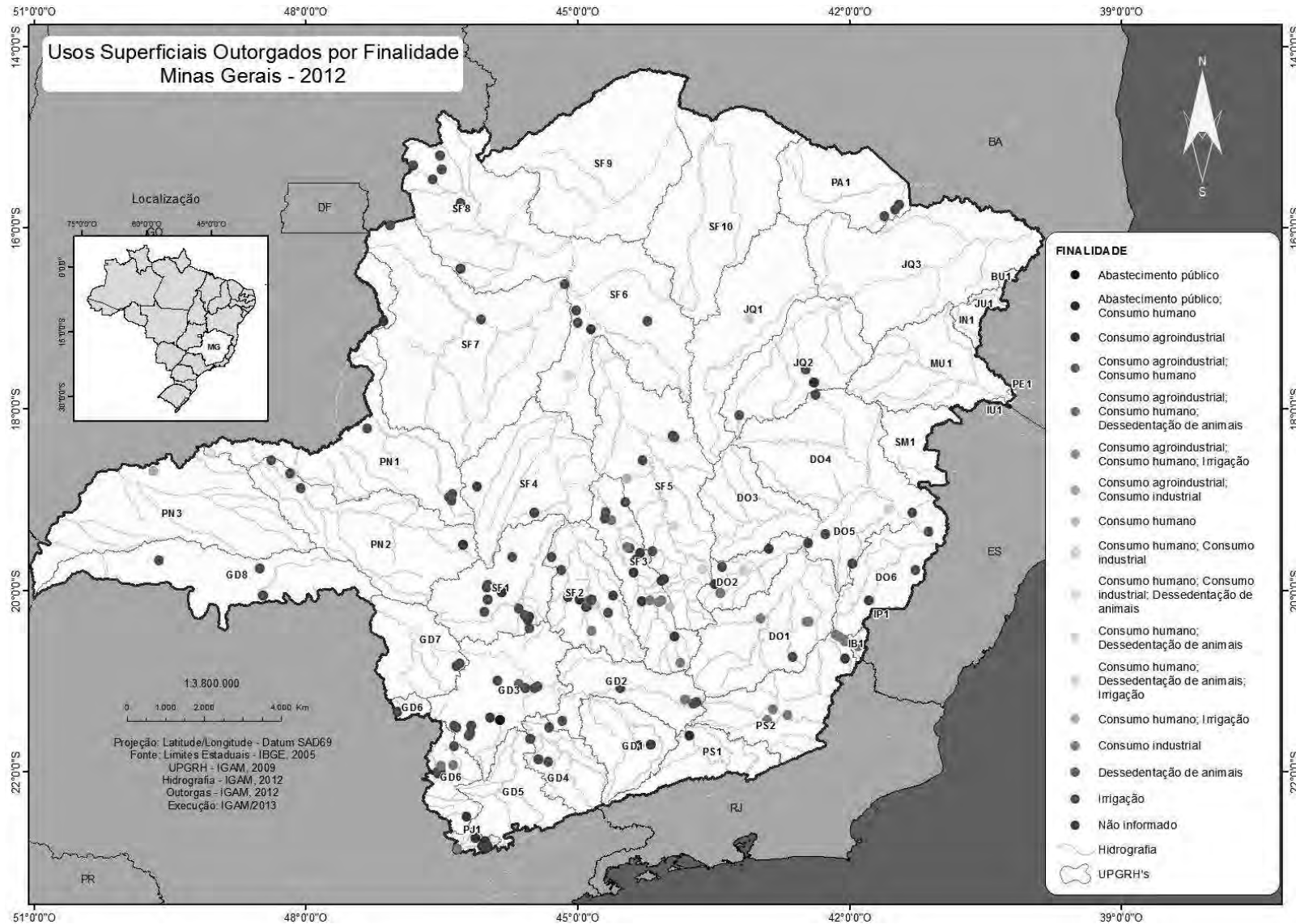


Figura 51: Usos superficiais outorgados por finalidade, em 2012.

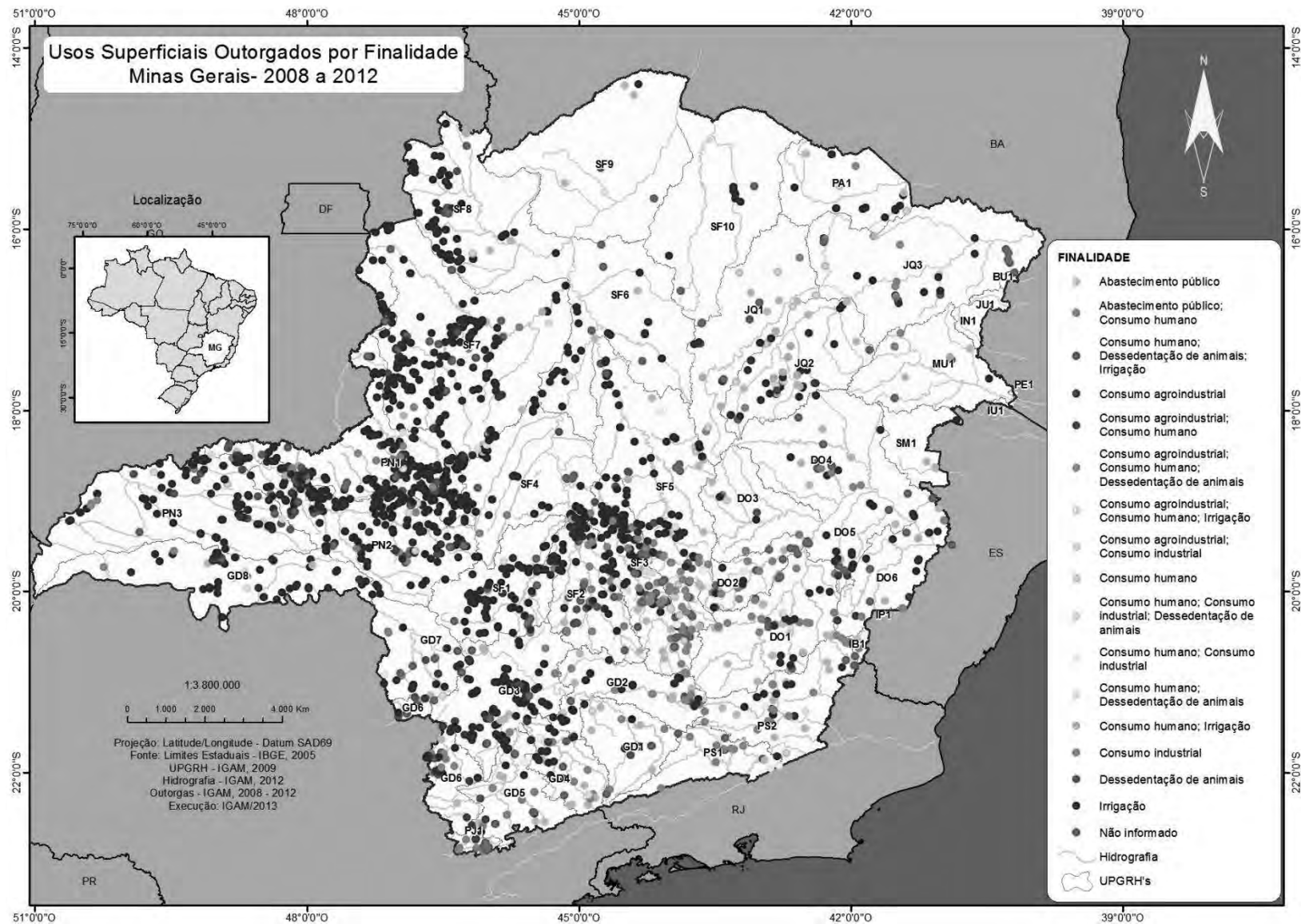


Figura 52: Usos superficiais outorgados por finalidade, de 2008 a 2012.

4.2.1.2.1. Área Irrigada por UPGRH em hectares (ha)

A finalidade de irrigação, considerada como uso consuntivo, foi a que mais se destacou em todas as UPGRH's, conforme demonstrado nas Figuras 53 a 57 expostas no item 4.2.1.2.

Em relação a área total irrigada, em todas as UPGRH's, e contabilizando todas as outorgas concedidas em 2012, o somatório é de 21.247,46 hectares (ha). Destacando que as UPGRHs com as maiores áreas irrigadas são: SF7, PN1, SF5, PN2, PN3, SF8 e JQ2, conforme demonstram as Figuras 43 a 47, sendo a UPGRH - SF7 (Bacia do rio Paracatu) responsável por 47%.

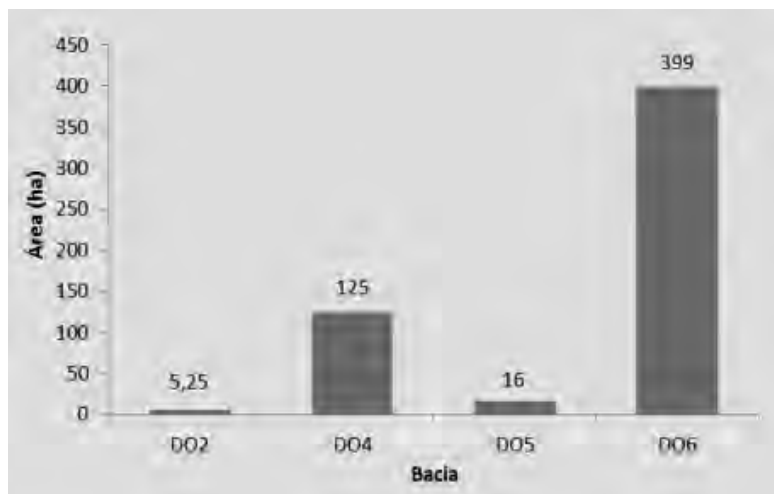


Figura 53: Áreas irrigadas em hectares outorgadas em 2012 nas UPGRH's DO2, DO4, DO5 e DO6.

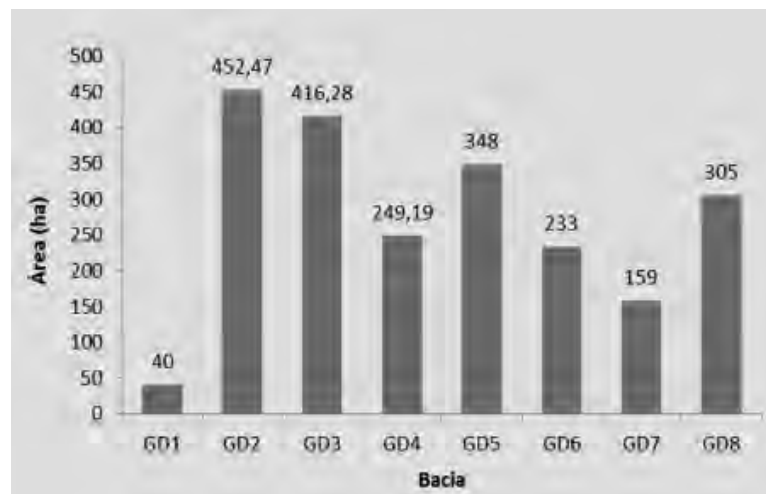


Figura 54: Áreas irrigadas em hectares, outorgadas em 2012, nas UPGRH's localizadas na bacia hidrográfica do Rio Grande.

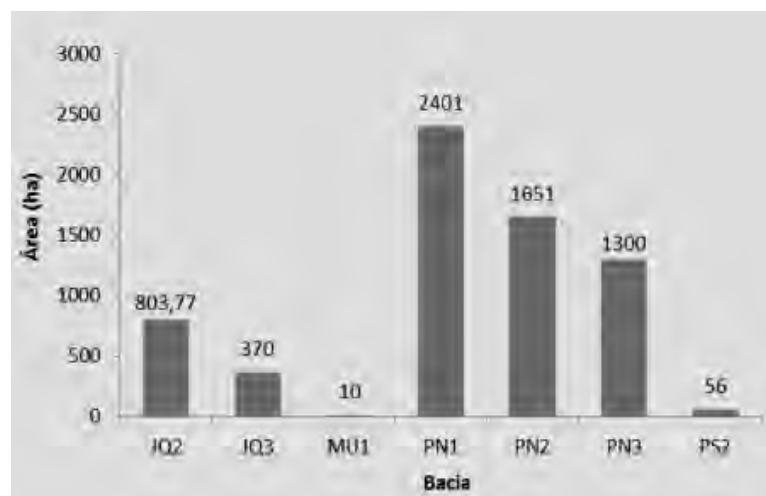


Figura 55: Áreas irrigadas em hectares, outorgadas em 2012, nas UPGRH's JQ2, JQ3, MU1, PN1, PN2, PN3 e PS2.

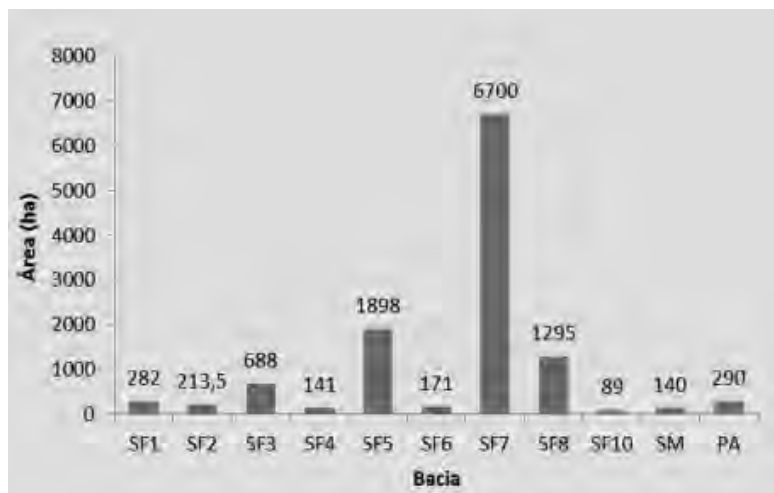


Figura 56: Áreas irrigadas em hectares, outorgadas em 2012, nas UPRGH's SF1, SF2, SF3, SF4, SF5, SF6, SF7, SF8, SF10, SM1 e PA1.

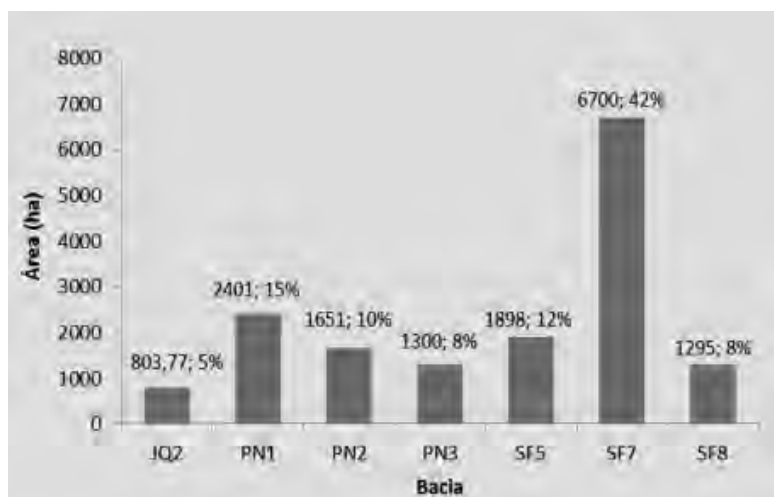


Figura 57: UPRGH's com as maiores áreas irrigadas (ha) outorgadas em 2012.

4.2.3. Usos não consuntivos:

Os usos não consuntivos da água foram discriminados por finalidades, considerando o total outorgado em todas as 36 UPRGH's nos anos de 2011 e 2012, conforme as Figuras 58 e 59, respectivamente.

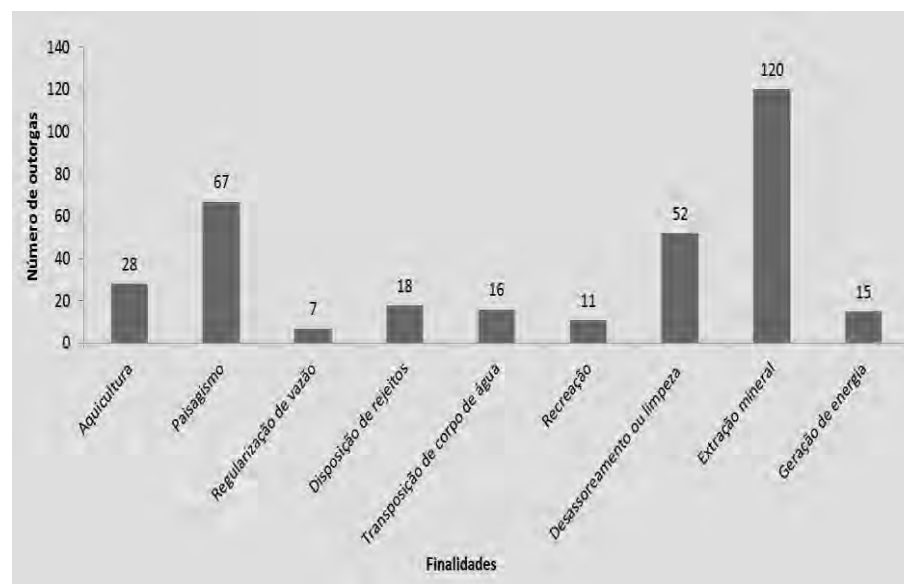


Figura 58: Usos não consuntivos outorgados em 2011 para todas as UPRGH's.

Ressalta-se que no ano de 2011, os usos não consuntivos totalizaram em 341 outorgas, sendo que 35% do total para a finalidade de extração mineral e apenas 5% para geração de energia, significando apenas 15 outorgas.

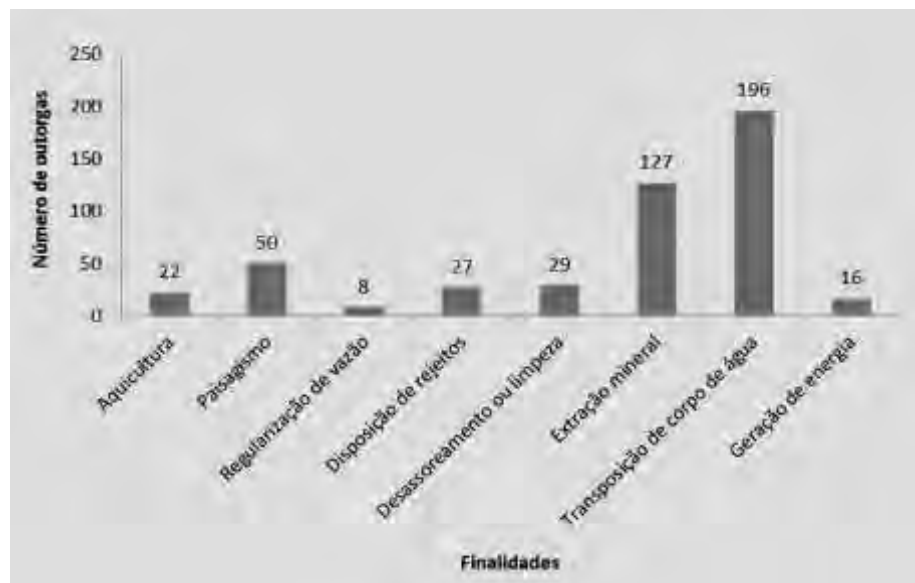


Figura 59: Usos não consuntivos outorgados em 2012 para todas as UGRH's.

Para o ano de 2012, os usos não consuntivos totalizaram em 475 outorgas, sendo que 27% do total para a finalidade de extração mineral e apenas 3% para geração de energia.

4.2.2 Águas Subterrâneas

4.2.2.1 Finalidades para o uso da água subterrânea outorgadas em 2011 e 2012

Nos anos de 2011 e 2012, a finalidade que registrou a maior quantidade de outorgas concedidas, em valores absolutos, foi a finalidade consumo humano, responsável também pelos maiores

valores em volume d'água outorgados, seguido de consumo industrial, consumo agroindustrial e rebaixamento de nível d'água (Figuras 60 e 61).

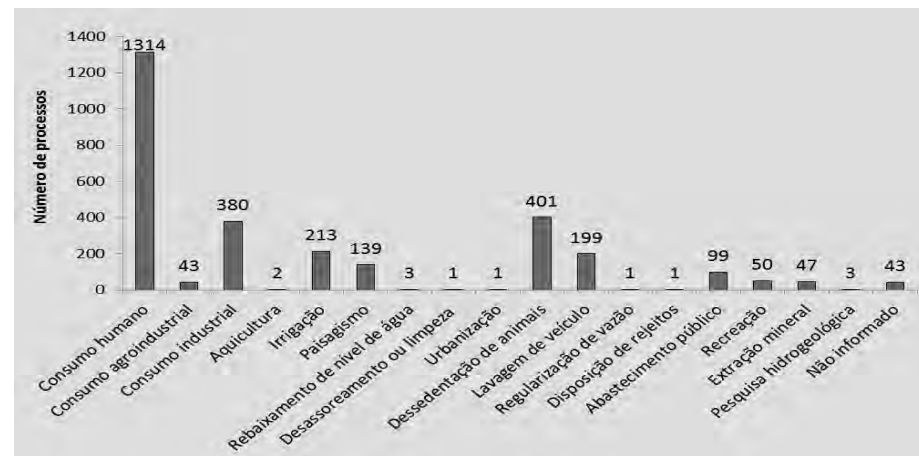


Figura 60: Finalidades outorgadas em 2011 para uso de água subterrânea.

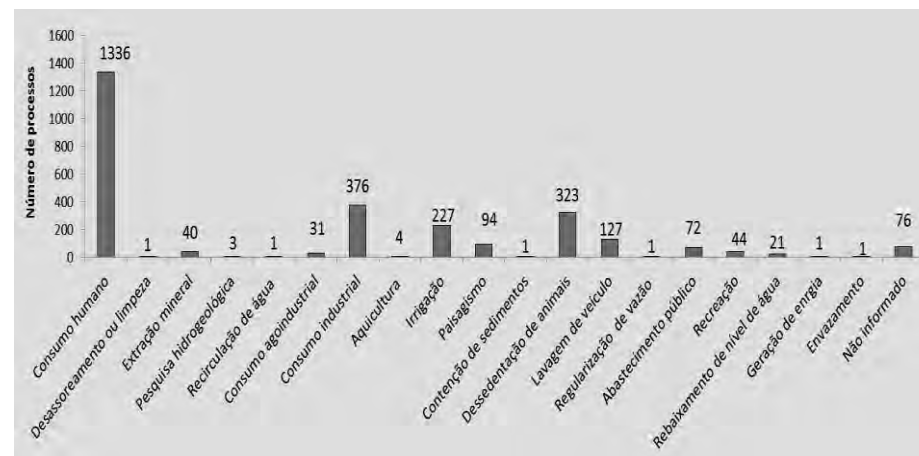


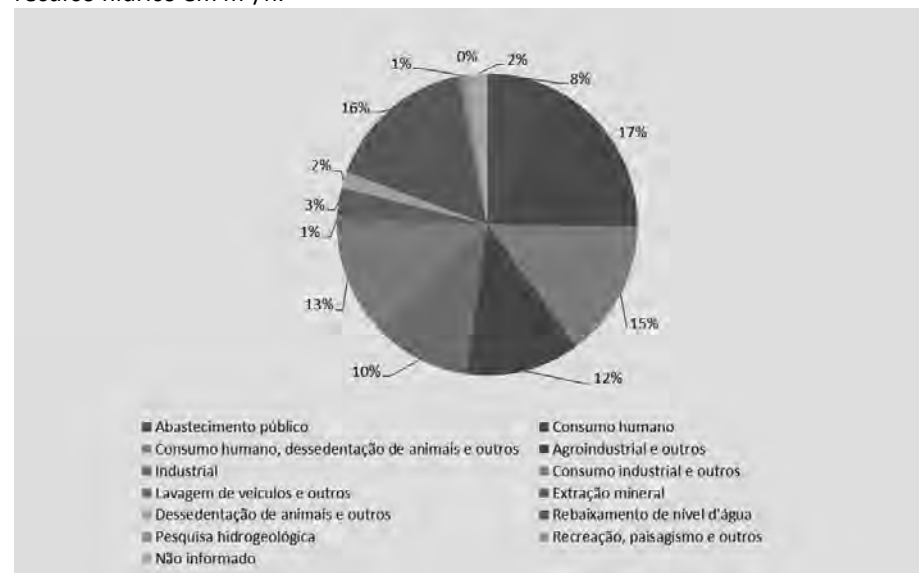
Figura 61: Finalidades outorgadas em 2012 para uso de água subterrânea.

Com relação à demanda hídrica subterrânea, a Tabela 16 e o Gráfico 19 apresentam os valores outorgados por finalidade, no ano de 2012.

Tabela 16: Demanda hídrica subterrânea por finalidade de uso em 2012.

FINALIDADE DE USO	m ³ /h
Abastecimento público	1470,26
Consumo humano	3292,99
Consumo humano, dessedentação de animais e outros	2763,62
Agroindustrial e outros	2309,07
Industrial	1960
Consumo industrial e outros	2381,62
Lavagem de veículos e outros	104,39
Extração mineral	594,36
Dessedentação de animais e outros	323,24
Rebaixamento de nível d'água	3055,06
Pesquisa hidrogeológica	200
Recreação, paisagismo e outros	57,01
Não informado	332,6
TOTAL	18844,22

Gráfico 19: Demanda hídrica outorgada no ano de 2012 por finalidade de uso do recurso hídrico em m³/h.



O número de publicações de outorgas para o consumo humano se destaca entre as demais finalidades de uso da água. Esses valores se refletem também nas vazões outorgadas, correspondendo ao maior valor por finalidade (17%), que somado com abastecimento público chega a 25% das vazões concedidas nas outorgas de 2012 com valores na ordem de 4.763,25 m³/h. O consumo humano juntamente com dessedentação de animais apresentam vazões semelhantes às concedidas para a finalidade de uso voltadas exclusivamente para abastecimento e consumo da população. Outra finalidade de uso que se destaca pelas vazões outorgadas está relacionada às atividades minerárias. Mesmo tendo um número irrisório de publicações em comparação às outras finalidades, o rebaixamento de nível d'água

corresponde a 16% das vazões outorgadas em 2012, que somadas correspondem a 3.055,06 m³/h. Os usos, pesquisa hidrogeológica, paisagismo e recreação são as finalidades com menores vazões outorgadas em 2012, juntas não ultrapassaram 260 m³/h.

As finalidades para o uso dos recursos hídricos por UPGRH mantiveram as tendências observadas para todo o Estado, com as finalidades associadas ao consumo e abastecimento da população sempre se destacando pelo número de publicações de outorgas. Depois do consumo humano, as finalidades mais demandadas foram consumo industrial ou agroindustrial, sendo que a vocação econômica dos municípios influencia nas finalidades requeridas de uso do recurso hídrico.

4.2.2.2. Finalidades para o uso da água subterrânea outorgadas em 2012 por UPGRH

Ao analisarmos as finalidades para as quais foram concedidas outorgas ao longo de 2012, fazendo um recorte por UPGRH, é possível visualizarmos que consumo humano e abastecimento público são responsáveis pelo maior número de publicações de outorgas, seguidos de consumo industrial ou agroindustrial. Ressalta-se que a vocação econômica dos municípios influencia diretamente nas finalidades requeridas de uso do recurso hídrico.

A UPGRH SF5 (Rio das Velhas) possui a maior quantidade de outorgas concedidas para o uso de água subterrânea. Nessa Unidade de

Planejamento, a finalidade consumo humano corresponde a quase 50% das outorgas concedidas.

As Figuras 62 a 78 apresentam as finalidades para o uso de água subterrânea no ano de 2012, por UPGRH.

As Figuras 73 a 77 apresentam a evolução dos registros de outorga de uso subterrâneo de acordo com a finalidade, no período de 2008 a 2012. A Figura 78 apresenta a localização de todas as outorgas concedidas no mesmo período.

BACIA DO RIO DOCE

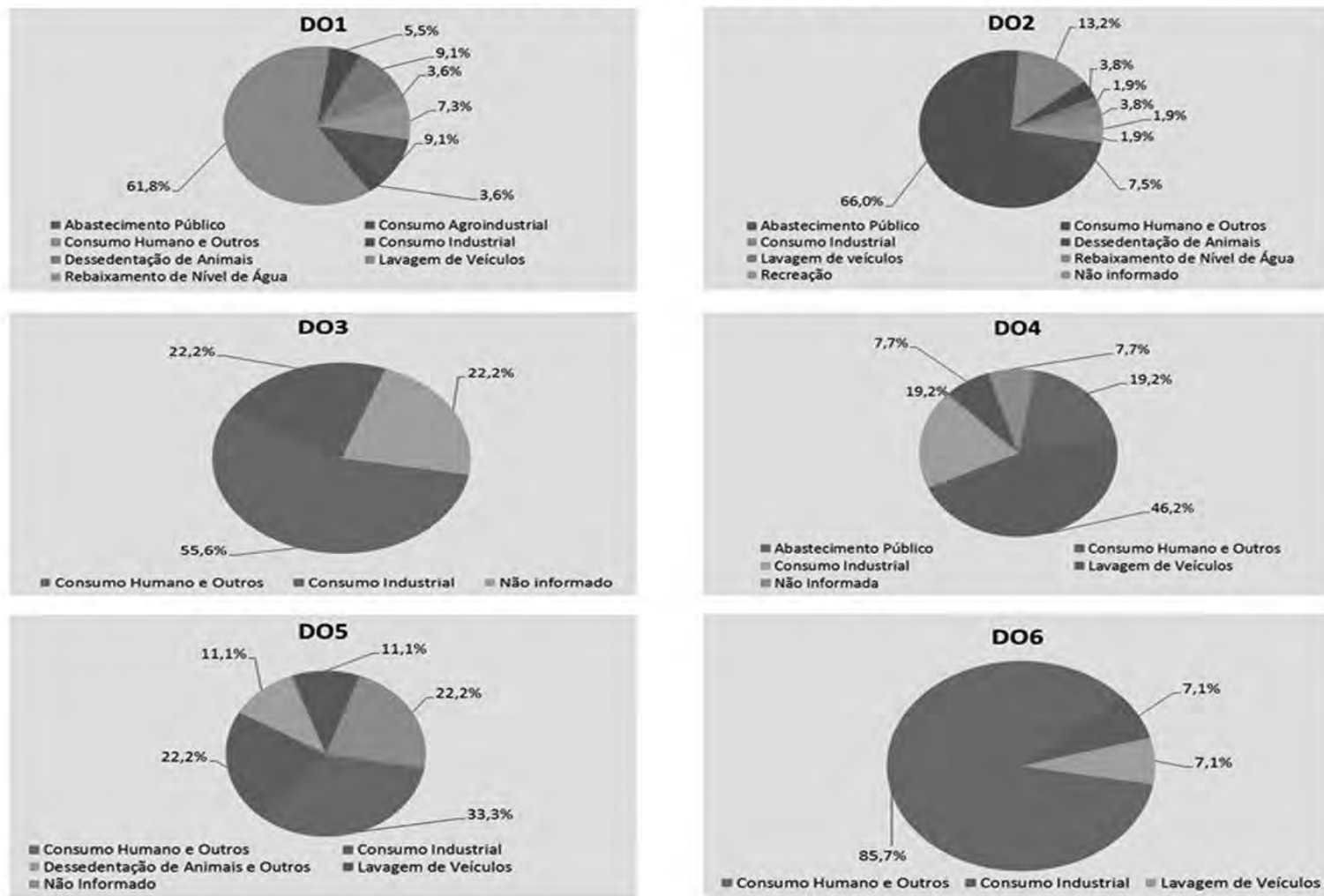


Figura 62: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

BACIA DO RIO GRANDE: GD1 A GD4

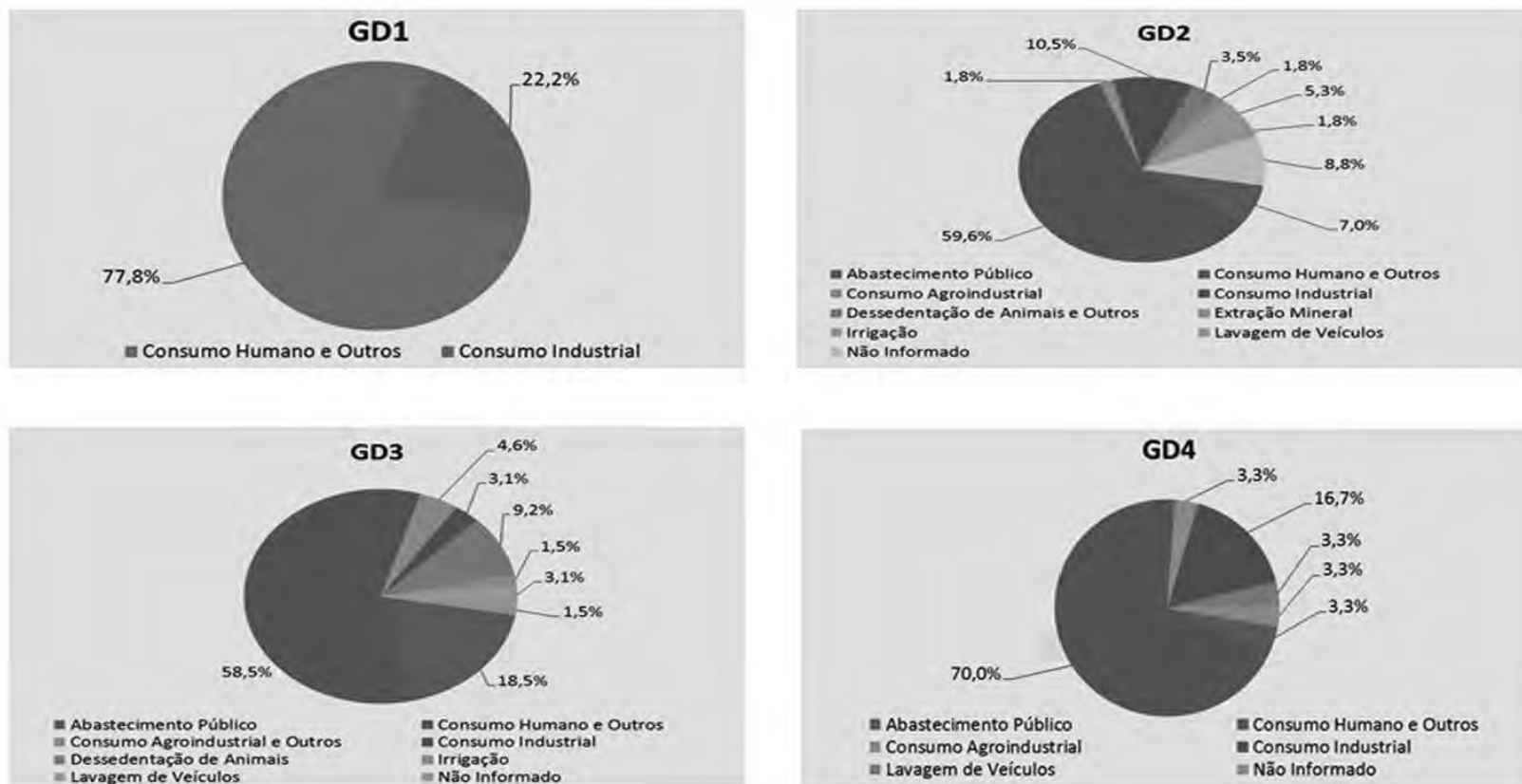


Figura 63: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD1 a GD4).

BACIA DO RIO GRANDE: GD5 A GD8

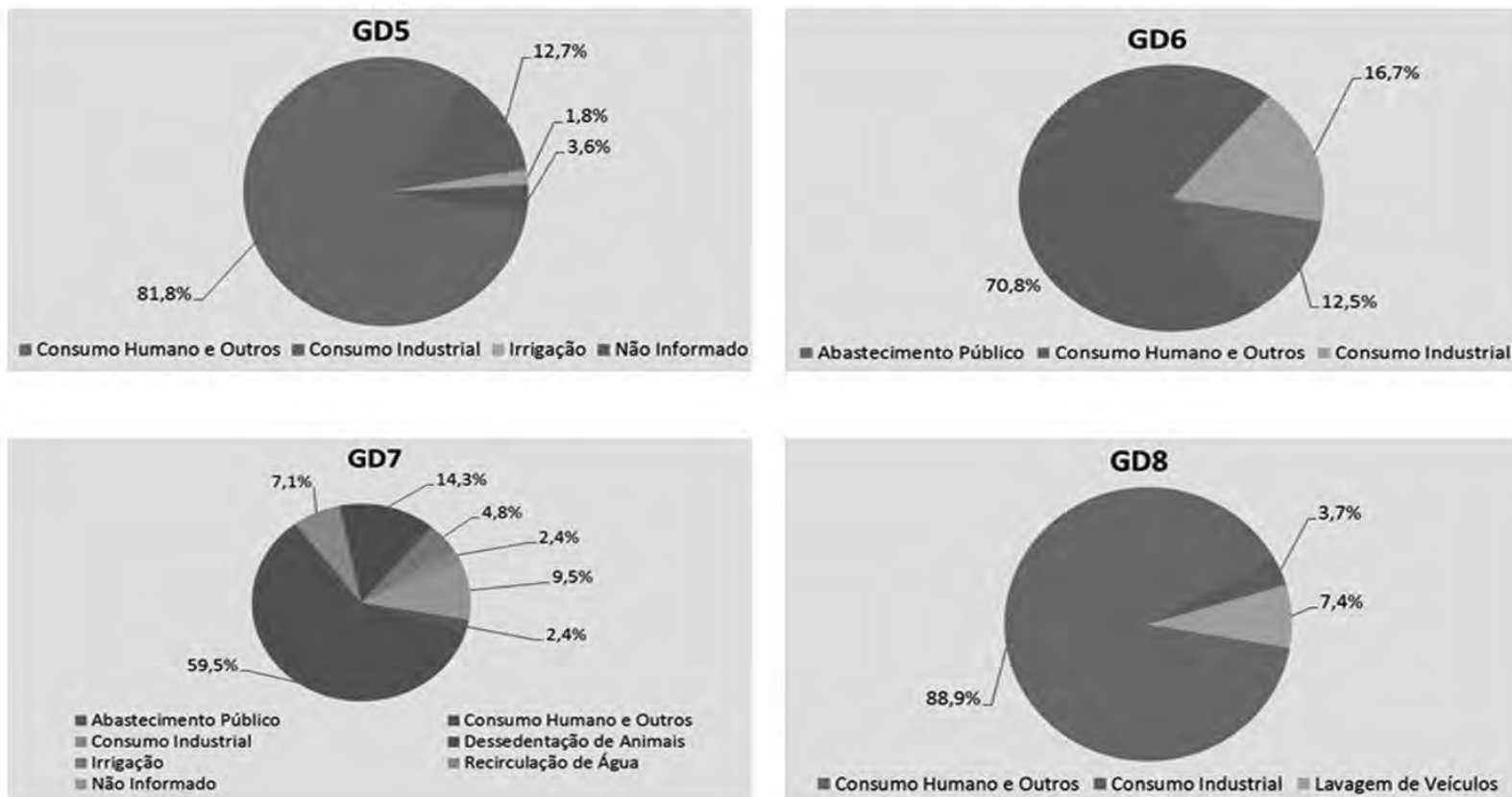


Figura 64: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD5 a GD8).

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

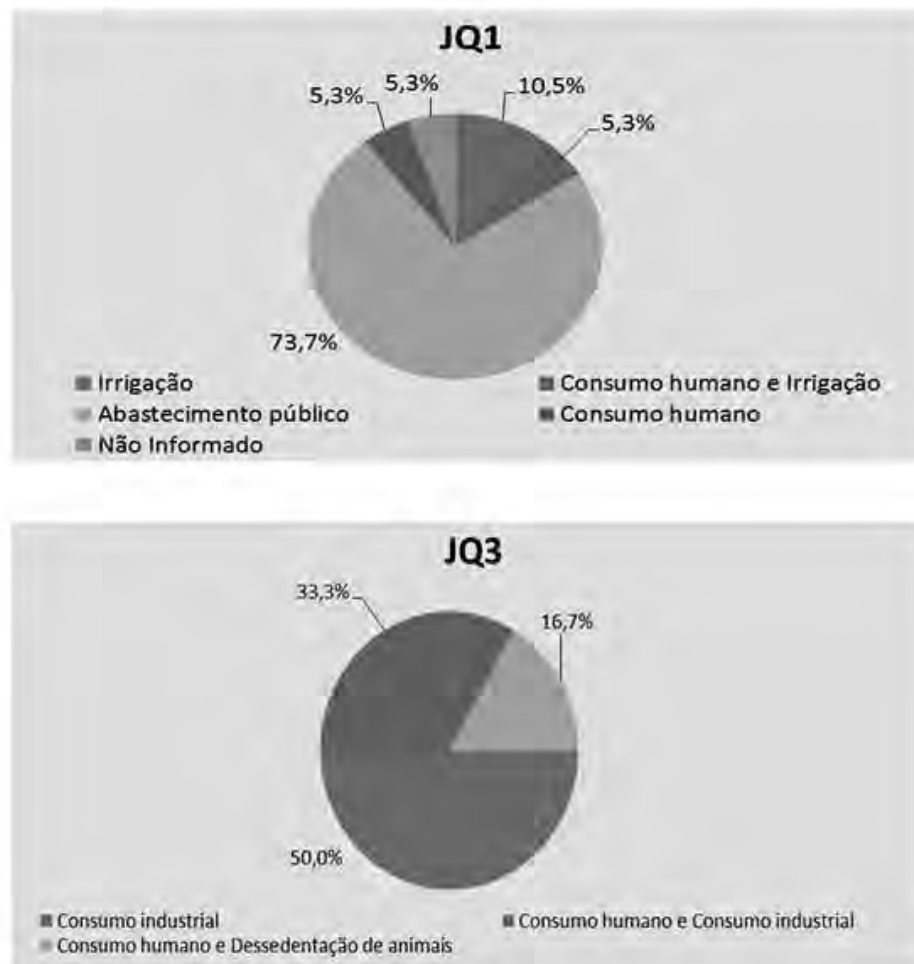


Figura 65: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

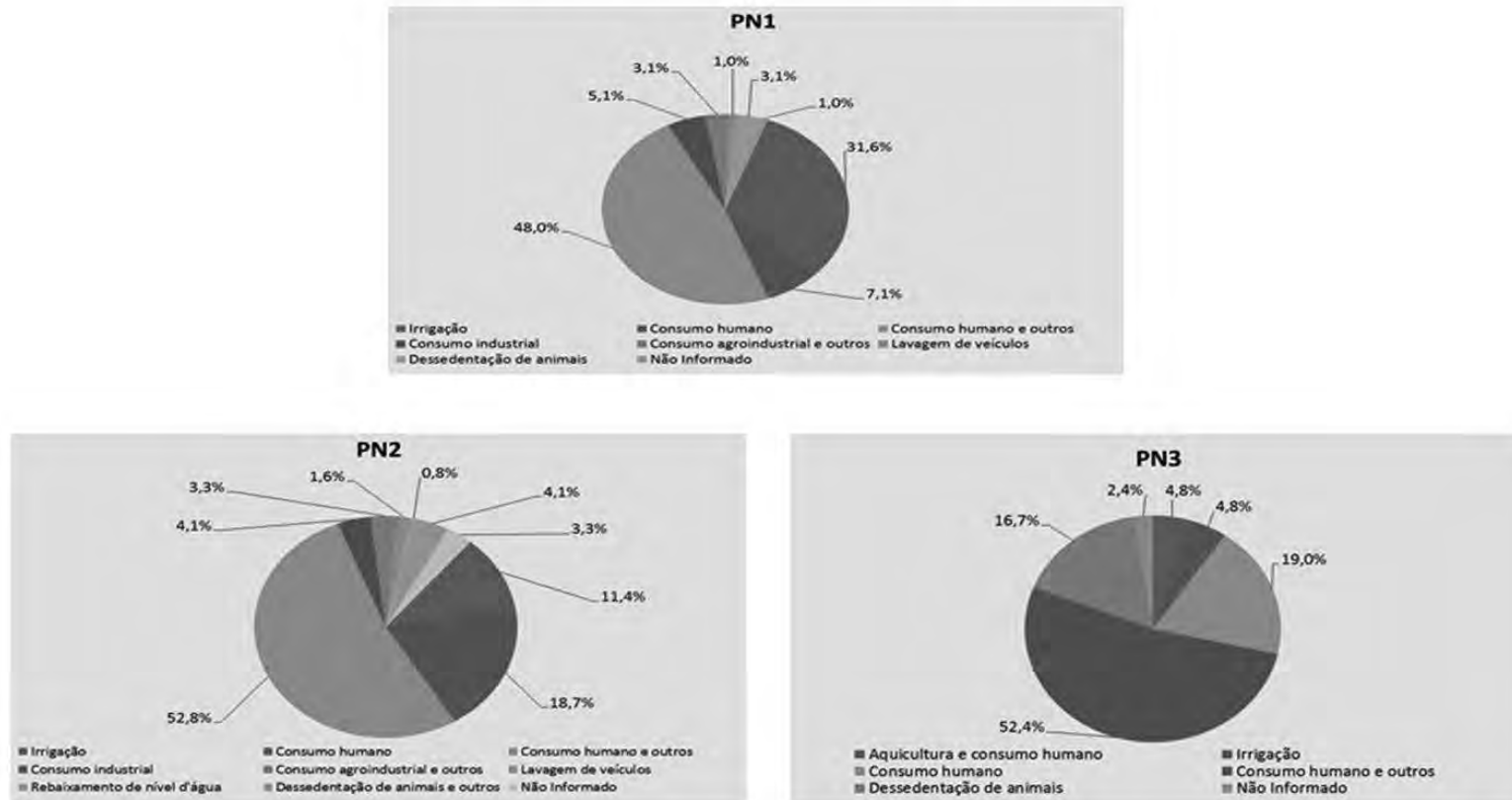


Figura 66: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

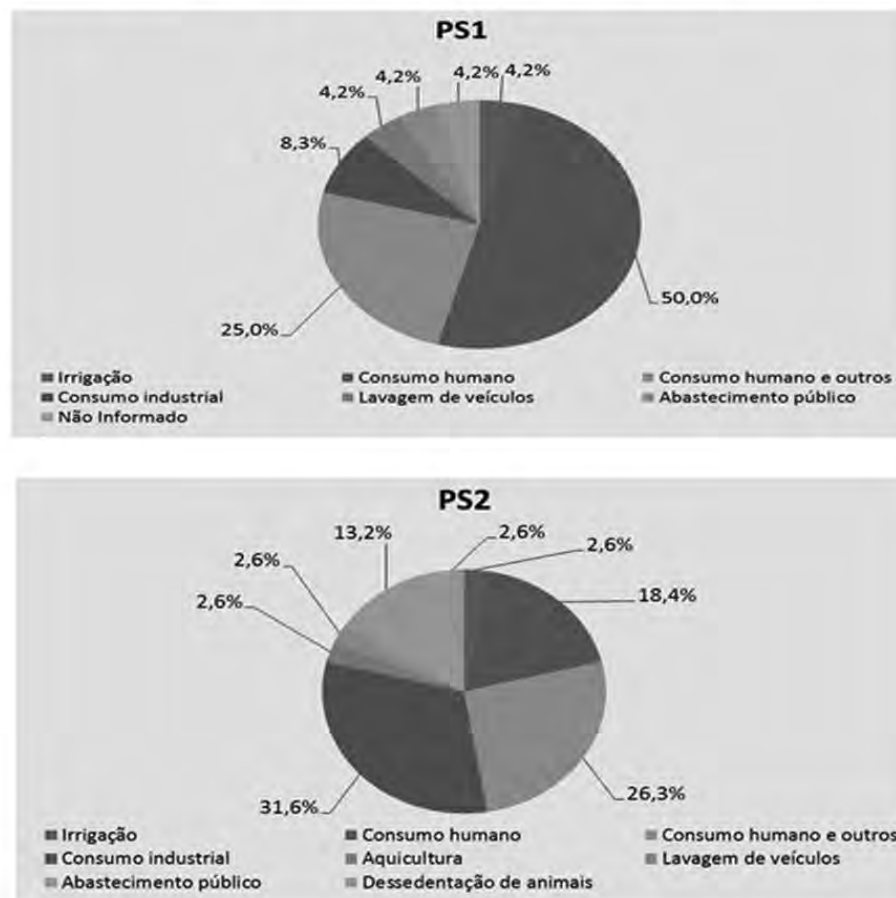


Figura 67: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: SF1 A SF5

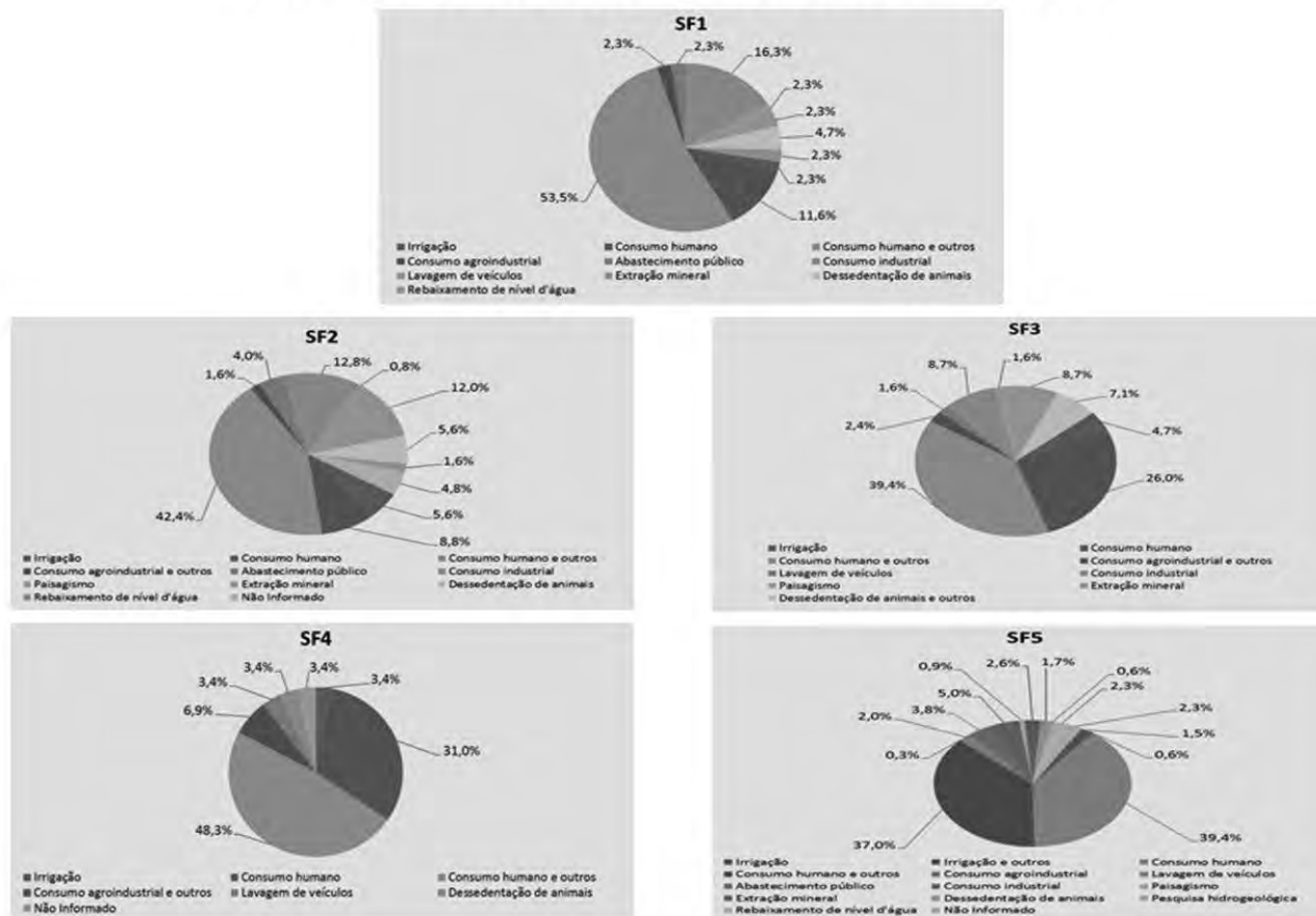


Figura 68: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SF1 a SF5).

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: SF6 A SF9

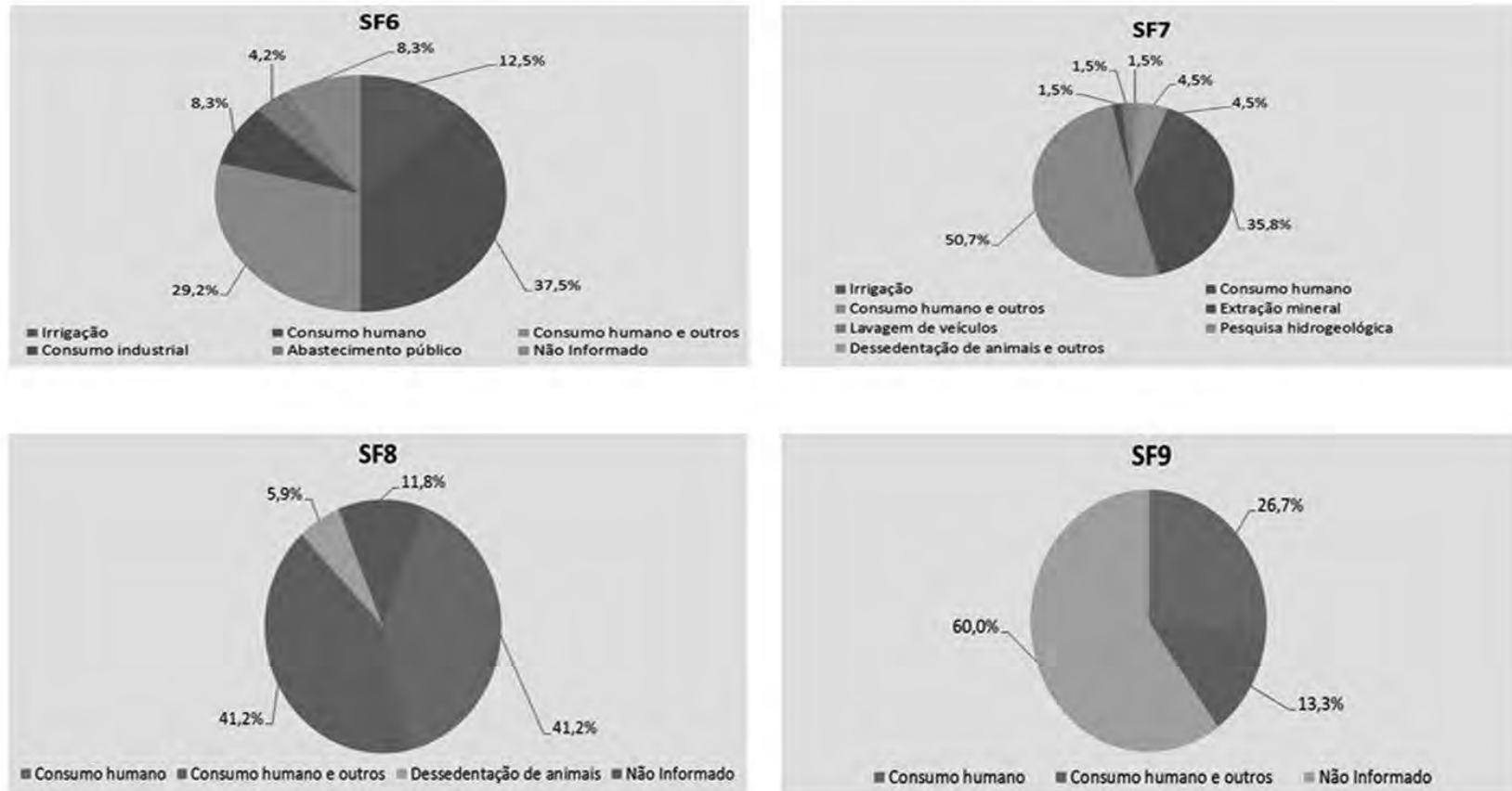


Figura 69: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SF6 a SF9).

BACIA DO RIO PIRACICABA-JAGUARI

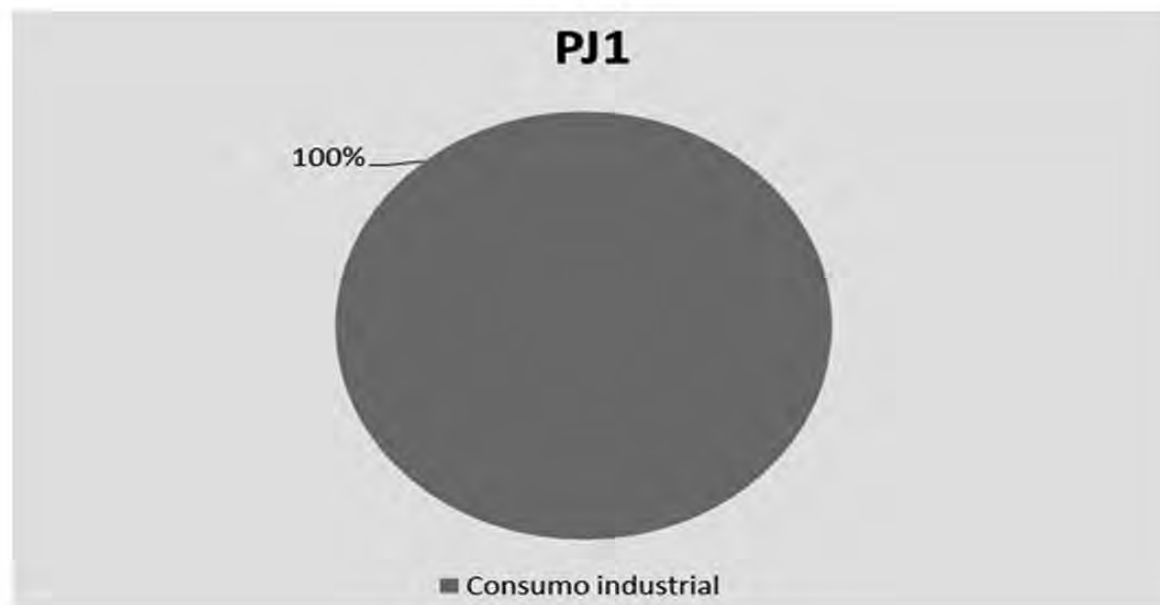


Figura 70: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e Jaguari.

BACIA DO RIO PARDO

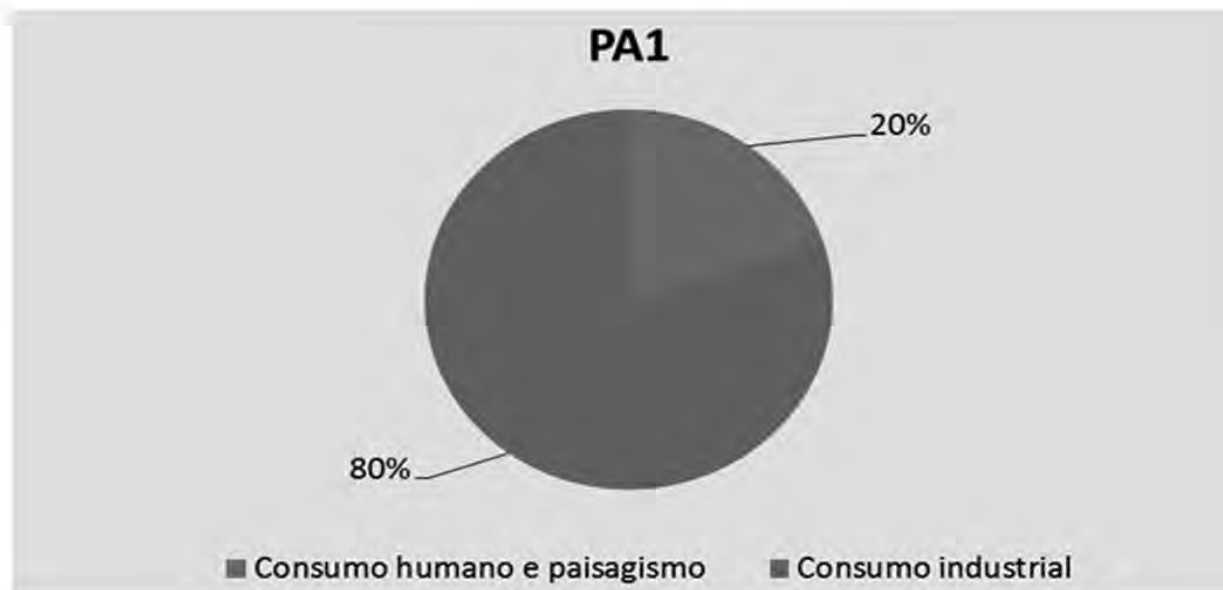


Figura 71: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

BACIAS DOS RIOS MUCURI E ITABAPOANA

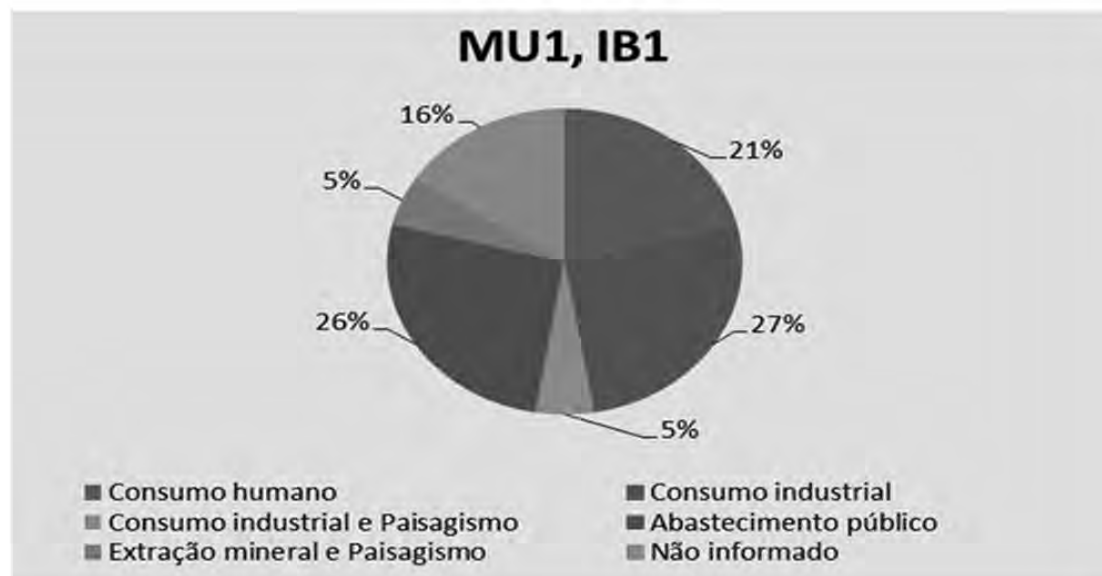


Figura 72: Usos outorgados para água subterrânea, em 2012, nas Bacias Hidrográficas dos Rios Mucuri e Itabapoana.

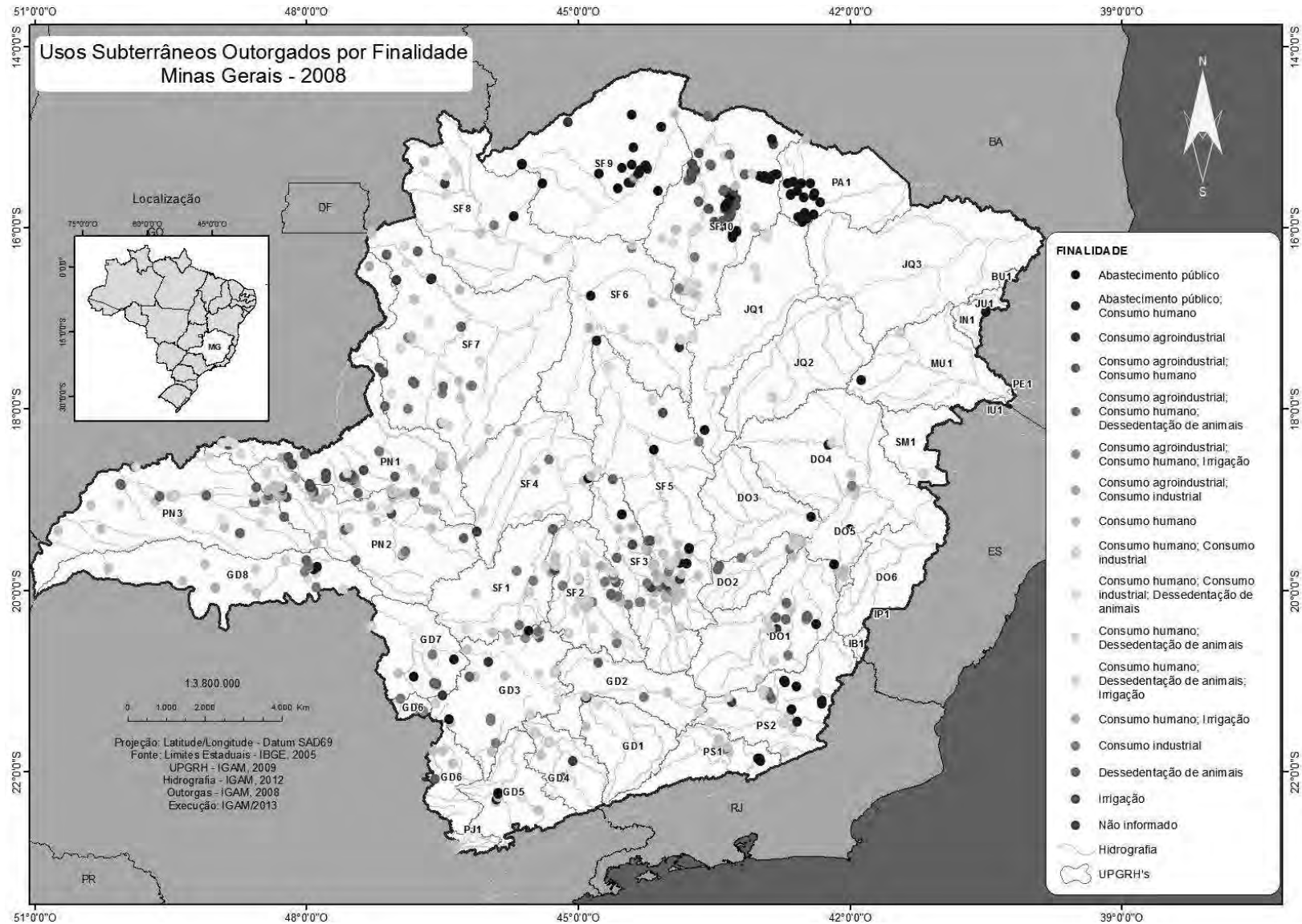


Figura 73: Usos subterrâneos outorgados por finalidade em Minas Gerais, 2008.

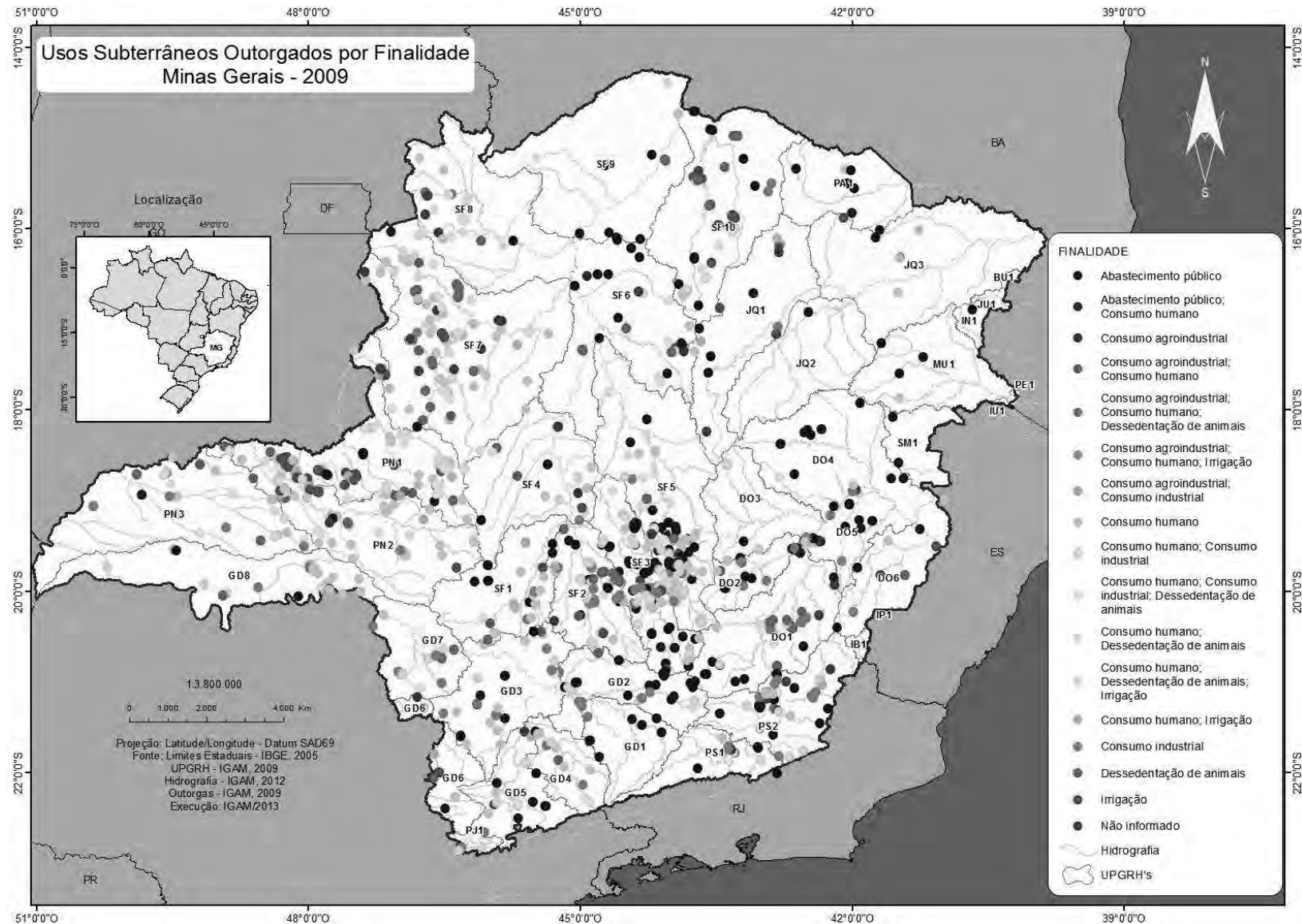


Figura 74: Usos subterrâneos outorgados por finalidade em Minas Gerais, 2009.

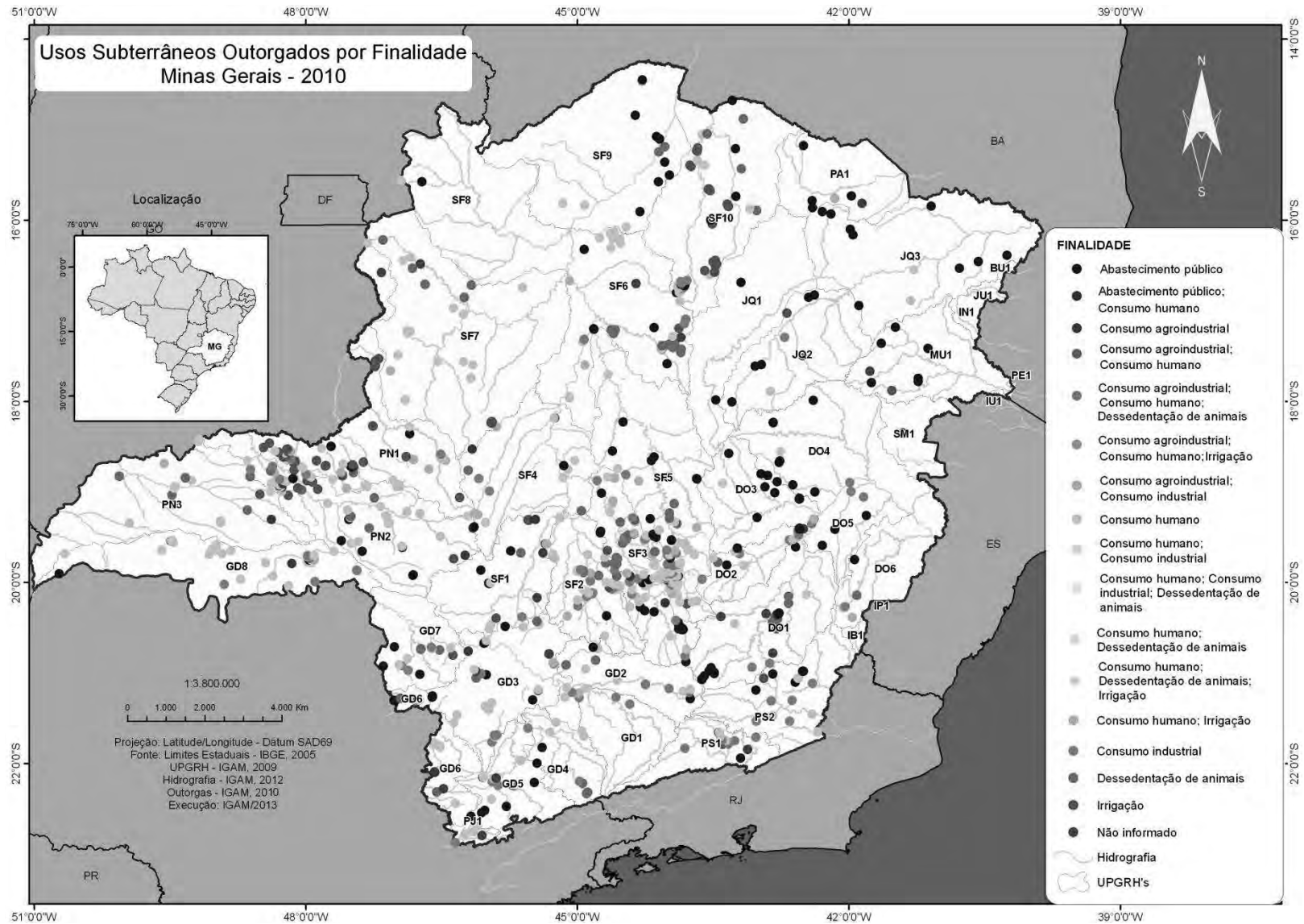


Figura 75: Usos subterrâneos outorgados por finalidade em Minas Gerais, 2010.

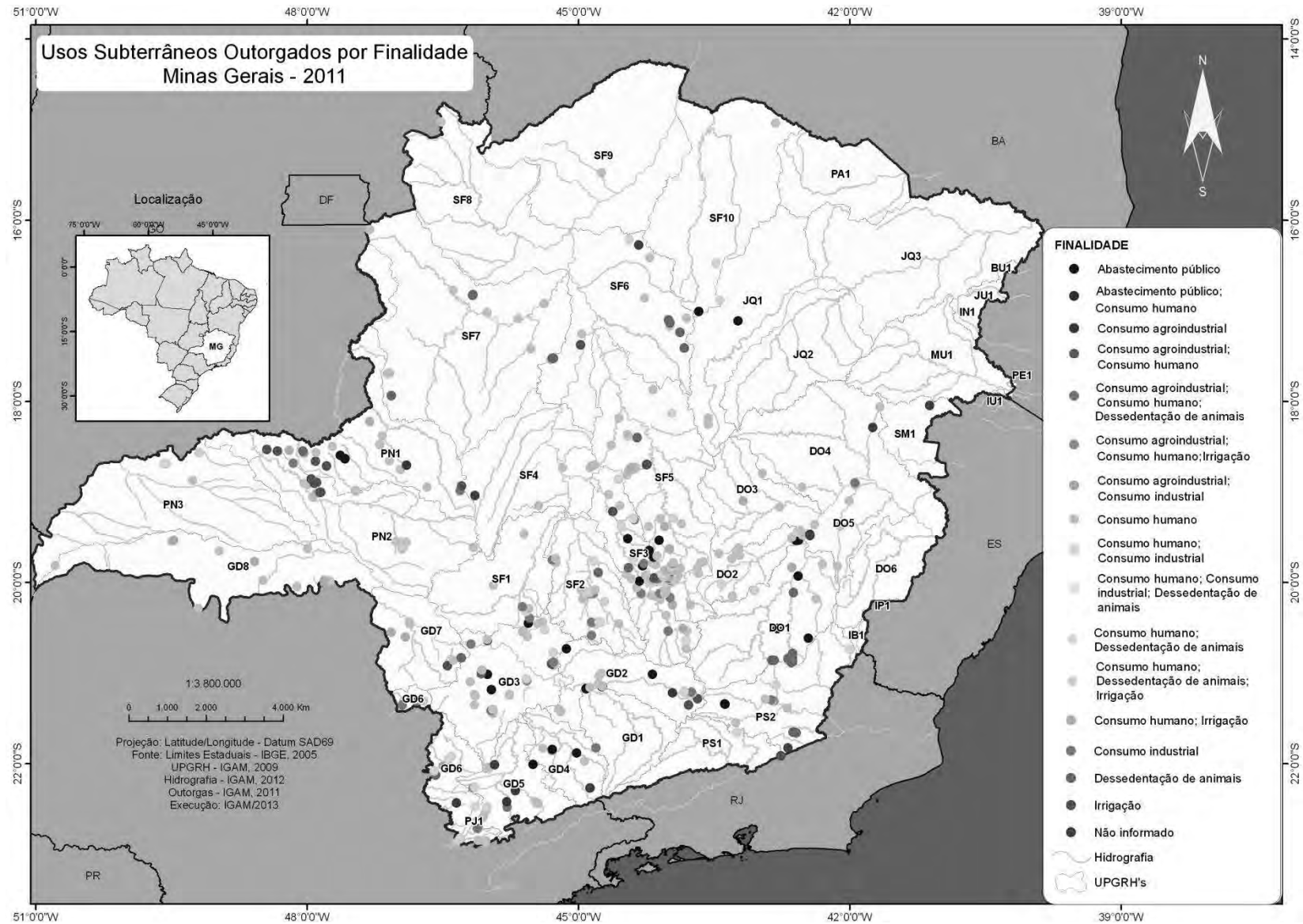


Figura 76: Usos subterrâneos outorgados por finalidade em Minas Gerais, 2011.

Situação da Recurso Hídrica em Minas Gerais

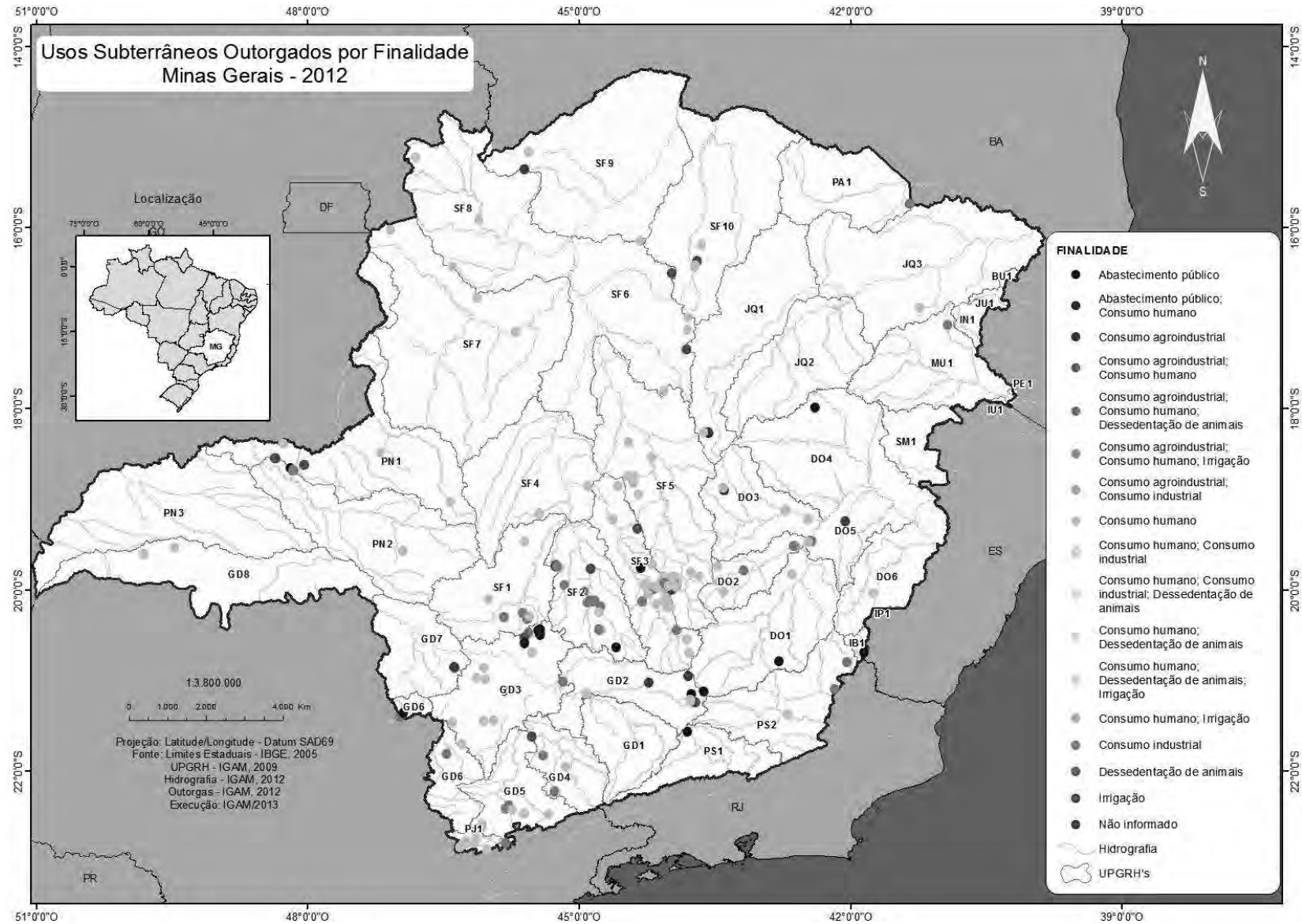


Figura 77: Usos subterrâneos outorgados por finalidade em Minas Gerais, 2012.

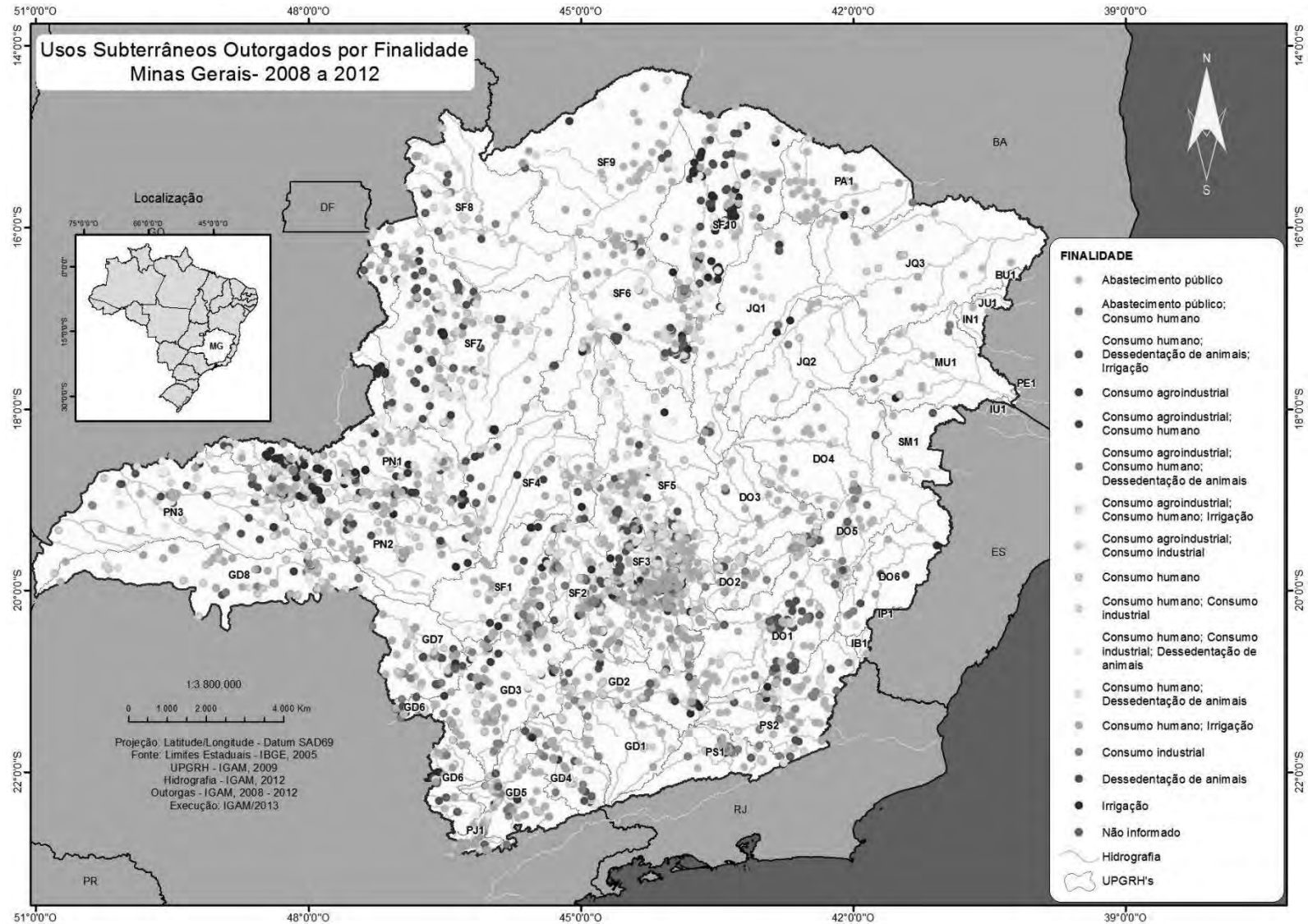


Figura 78: Usos subtrrâneos outorgados por finalidade, de 2008 a 2012.

4.3. Áreas Declaradas de Conflito

Em algumas áreas pertencentes às bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais, observam-se situações de indisponibilidade hídrica, quando a somatória das demandas por água por parte de diversos usuários requerentes é superior àquela vazão ou volume de recursos hídricos disponíveis para a outorga.

Uma vez constatada a indisponibilidade hídrica em determinada bacia hidrográfica, após a análise dos estudos existentes relativos à disponibilidade hídrica e aos usuários e suas respectivas demandas de água, o Igam poderá, declarar área de conflito, mediante emissão da Declaração de Área de Conflito - DAC.

As Tabelas 17 e 18 e Figura 79 apresentam o número de DACs emitidas por ano e por UPGRHs.

Tabela 17: Quantificação das DACs emitidas pelo Igam.

ANO	Quantidade de DACs
2005	08
2006	12
2007	23
2008	02
2009	06
2010	01
2011	03
2012	02
TOTAL	58

Tabela 18: UPGRHs com DACs emitidas pelo Igam.

UPGRHs	Quantidade de DACs
DO5 – Rio Caratinga	01
SF5 – Rio Das Velhas	01
SF7 – Rio Paracatu	12
SF8 – Rio Urucuia	06
SF9 – Médio São Francisco	03
SF10 – Rio Verde Grande	01
PN1 – Alto Paranaíba	10
PN2 – Rio Araguari	23
TOTAL	58

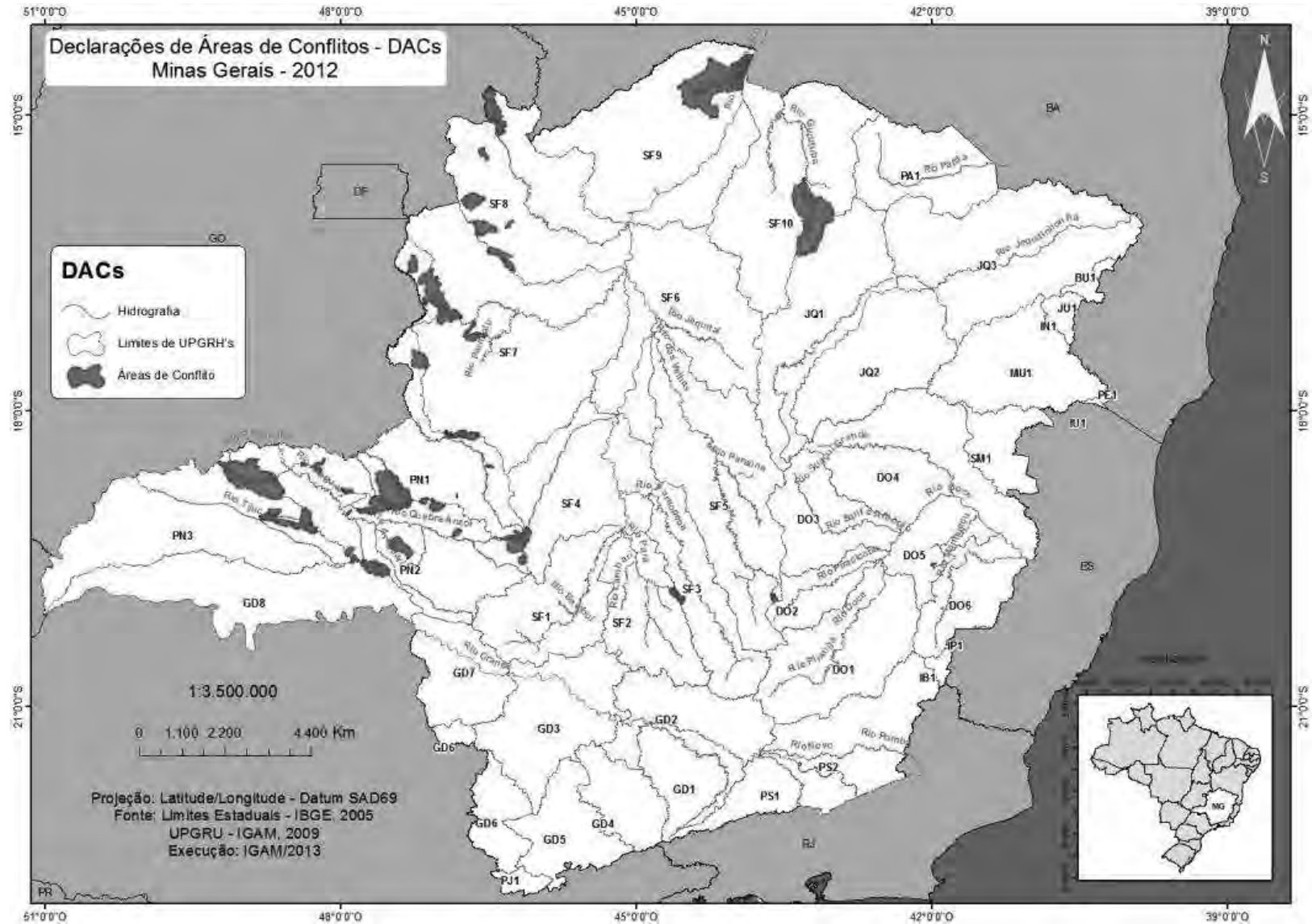


Figura 79: Áreas com declaração de conflito no Estado de Minas Gerais.

Segundo o *Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no estado de Minas Gerais* (IGAM, 2010) a outorga de direito de uso, enquanto instrumento da alocação de água, requer entendimento e aplicação de questões técnicas (hidrologia, hidráulica, ecologia, qualidade da água, etc.), questões legais (competências, direitos e responsabilidades dos usuários, etc.) e políticas (mobilização social, acordos entre setores e governos para o desenvolvimento integrado e sustentável da bacia, articulação institucional, etc.).

Campos e Studart (2002) conceituam o processo de alocação de água como um ato de distribuição do recurso entre os usuários, que passam a ter um direito de uso daquela quantidade que lhe foi alocada. Ressaltam a existência de uma alocação inicial como sendo a primeira, quando da organização do sistema institucional da gestão de recursos hídricos, e a existência da realocação da água quando é redirecionado o uso do recurso escasso para novo objetivo, procurando acompanhar a dinâmica da sociedade.

Os sistemas de alocação e realocação são controlados por meio da outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Contudo, a alocação (distribuição) de água deve buscar os seguintes objetivos mínimos: atender as necessidades ambientais, econômicas e sociais por água; reduzir ou eliminar os conflitos entre usuários da água e possibilitar o planejamento das demandas futuras a serem atendidas.

No Estado de Minas Gerais, a regularização do uso da água em bacias que possuem a DAC emitida pelo Igam é obtida através do processo único de outorga que deverá acolher os estudos realizados no âmbito da alocação negociada da água entre os diversos usuários e que, após a obtenção do consenso deverão ser apresentados ao órgão competente.

4.4. Monitoramento Quali-Quantitativo

O monitoramento de recursos hídricos é um conjunto de ações e esforços que visa permitir o conhecimento da situação da qualidade e quantidade das águas e seu padrão de comportamento ao longo do espaço e do tempo, de modo a fornecer informações para o efetivo gerenciamento dos recursos hídricos.

4.4.1. Monitoramento Hidrológico

A caracterização da quantidade das águas nas bacias hidrográficas de Minas Gerais é realizada através da operação das redes hidrométricas. Estas redes são formadas por estações hidrológicas, que fornecem, na seção de medição, parâmetros que incluem vazões líquidas e sólidas, níveis de água, índices pluviométricos e outros que em conjunto conjugam a chamada Hidrometria.

Atualmente o Igam opera 380 (trezentos e oitenta) estações de monitoramento hidrométrico no estado de Minas Gerais, estendendo-se para alguns corpos de água dos estados limítrofes de São Paulo, Goiás e Rio de Janeiro, abrangendo estações pluviométricas e fluviométricas. Essas estações são pertencentes à Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais, Copasa-MG – Companhia de Saneamento de Minas Gerais, ANA – Agência Nacional de Águas e ao próprio Igam.

No ano de 2012, o Igam iniciou a implantação de uma rede estratégica de monitoramento fluviométrico proposta no PERH (IGAM, 2011). A rede estratégica consiste em um conjunto de estações hidrológicas com objetivo de representar cada uma das exutórias das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais (UPGRH's) e propiciar o monitoramento adequado aos diferentes perfis regionais e dos respectivos setores usuários predominantes, sem comprometer a gestão e fiscalização dos recursos hídricos.

Assim, a rede estratégica fornecerá dados que servirão como base para uma implementação mais consistente dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, com o fornecimento de indicativo sobre os impactos ambientais, alertando quanto à necessidade de intensificação da ação fiscalizadora.

É importante ressaltar a parceria entre a ANA e o Igam para realizar medições de vazão em pontos onde já existe o monitoramento de qualidade das águas, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA, bem como a implantação de estações automáticas para a modernização da rede nacional.

4.4.2. Monitoramento Meteorológico

Os serviços de monitoramento hidrometeorológico são realizados pelo Igam no âmbito do Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais (SIMGE) com a aquisição de dados meteorológicos e hidrológicos a partir da rede de 22 estações meteorológicas e uma hidrológica, automáticas e telemétricas em operação no Estado de Minas Gerais. Os dados coletados são transmitidos via satélite e via GSM. Através desses dados, avalia-se a quantidade de chuva que está ocorrendo no Estado. Em alguns locais é avaliado também o nível dos rios. Além dos dados dessa rede, o banco de dados recebe informações de estações meteorológicas das redes do INMET, Cemig, do município de Belo Horizonte e da Infraero.

O Simge participa também do Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste - Proclima, que é uma iniciativa conjunta da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene e do Ministério da Integração Nacional para monitorar a estação chuvosa na Região Nordeste coletando, armazenando e tratando dados de 66 estações pluviométricas convencionais distribuídas no Estado.

Atua ainda na operação, expansão e no aprimoramento dos sistemas de alerta de enchentes e de eventos hidrometeorológicos críticos no Estado. Atualmente, o Igam conta com sistemas de alerta de enchentes nas regiões das bacias dos rios Doce e Sapucaí, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA) e com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que, no caso da bacia do rio Doce, opera o sistema de

alerta hidrológico. Na bacia do rio Sapucaí o Igam conta com o apoio do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí e da Universidade Federal de Itajubá. Outro projeto, em parceria com a Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - Codevasf visa à implantação do sistema de alerta no alto curso da bacia do rio das Velhas.

Somado a esses esforços, em janeiro de 2012, o Igam, iniciou a operação do primeiro radar meteorológico de Minas, através de um convênio de cooperação técnico-científica com a Cemig. O uso desse equipamento permite maior confiabilidade e precisão para estimar a intensidade das chuvas, identificando inclusive ocorrência de granizo, o que não era possível anteriormente. Instalado no município de Mateus Leme, o radar cobre cerca de 70% da área do estado e apresenta raio de detecção de até 400 km. Num raio de 200 km é possível determinar a intensidade da precipitação e também classificar o tipo de hidrometeoro, ou seja, se é água líquida ou granizo.

O monitoramento com base em radares meteorológicos será ampliado no Estado, com a instalação de dois novos radares, adquiridos pelo Governo Federal e que serão operados pelo Igam, como resultado de um Acordo de Cooperação Técnica com o Centro Nacional de Alertas de Desastres Naturais – Cemaden. Os radares estão em fase de instalação, nos municípios de São Francisco e Almenara.

O Igam realiza o monitoramento meteorológico 24 horas por dia durante todo o ano. O meteorologista realiza o diagnóstico do tempo atual e o prognóstico para as próximas horas. Quando ocorre a formação de sistemas meteorológicos que possam vir a causar chuvas e tempestades, são elaborados avisos que são enviados por SMS e e-mail para as Defesas Cívicas Municipais e Estadual, Prefeituras e outros órgãos com antecedência que varia entre 4 horas e 30min, dependendo da complexidade e velocidade de desenvolvimento dos sistemas meteorológicos. Os avisos são também publicados na internet.

Além das informações de curto prazo em forma de avisos são produzidos boletins diários, com informações sobre previsão de tempo. Em situações especiais é publicado também na internet um comunicado que alerta para a ocorrência de um evento crítico com até 72 horas de antecedência. Além disso, são produzidos relatórios (semanais, mensais, trimestrais e por período hidrológico), planilhas, mapas e a previsão climática analítica, elaborada mensalmente.

4.4.2.1. Características climáticas do Estado de Minas Gerais

O clima depende de fatores estáticos (condições físicas do planeta) e dinâmicos (a dinâmica da atmosfera), que definem suas características. Minas Gerais se destaca por apresentar grande diversidade de climas, em razão de ser uma região tropical de transição climática. A climatologia do Estado se origina de circulações globais, como as células de circulação atmosférica tropical e os

sistemas frontais (fatores dinâmicos), bem como de suas interações com a continentalidade tropical e a topografia regional (fatores estáticos) bastante acidentada (NIMER, 1989).

A distribuição espaço-temporal das chuvas é uma característica regional muito importante, tanto para a sociedade como para a economia. Além disso, o conhecimento dessa característica pode orientar decisões quanto às medidas necessárias para minimizar os danos decorrentes da irregularidade das chuvas (PICCININI, 1993).

Nessa análise foram utilizados os dados consistidos de chuva do National Centers for Environmental Prediction – NCEP do período de 1979 a 2012. Os dados de chuva são originais de estações meteorológicas automáticas e convencionais e passam por um sistema de consistência utilizando diversas ferramentas descritas em Adler *et al.* (2003) e Chen *et al.* (2007). O resultado final é uma matriz de dados de chuva em que cada ponto de sua grade representa uma área de aproximadamente 3000 Km².

Para cada ponto de grade foi calculado o acumulado mensal de cada mês e de cada ano do período de 1979-2012, e a média do acumulado mensal total de cada mês no mesmo período, bem como as quantidades de dias sem chuva para cada mês e cada ano, e a quantidade média de dias sem chuva para cada mês e para cada ano, também no período de 1979-2012. Esses valores permitiram avaliar o grau de seca e de chuva de cada ponto de grade e com isso para cada região, mesorregião e por fim todo o Estado.

Dessa forma, a avaliação se deu quanto ao acumulado mensal, sendo avaliada a distribuição da chuva pelo Estado no decorrer dos meses, definindo a estação seca e chuvosa de cada região do Estado, e quanto ao número de dias sem chuva, sendo avaliadas as regiões mais propícias a secas e a enchentes, no que tange à precipitação.

Sistemas que atuam no processo de precipitação no Estado de Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais apresenta um período chuvoso que compreende os meses de outubro a março. Dependendo das características de cada ano, as chuvas podem apresentar um atraso ou uma antecipação de alguns dias, no início ou no fim deste período. Condições de tempo severo são frequentemente observadas no período chuvoso. Esses fenômenos mostram uma preferência por se formarem em certas regiões específicas, tanto pela conformação topográfica e circulações locais, quanto pelo escoamento do ar na escala maior. A precipitação na estação chuvosa é fortemente influenciada pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e pela passagem de sistemas frontais, que são considerados os principais sistemas que atuam no processo de precipitação em Minas Gerais.

Trajetória das frentes frias que afetam o Estado de Minas Gerais

As frentes frias localizadas inicialmente no sul do País geralmente possuem uma trajetória a partir do sul da América do Sul em direção

nordeste e devido à força de Coriolis a tendência é de se afastar do continente avançando sobre o Oceano Atlântico (MATTOS, 1987). No verão, tais frentes são mais intensas e atingem todo o Estado. No Inverno, são menos intensas e geralmente a maioria destes sistemas apenas atingem as regiões do Sul de Minas e Zona da Mata (JUSTI *et al.*, 2002).

ZCAS

Durante os meses de outubro a março, pode ocorrer o fenômeno ZCAS, que pode ser definido como uma faixa de transporte de umidade entre a Amazônia e o litoral da região sudeste, criando uma faixa de nebulosidade que provoca chuva constante por vários dias. Esse fenômeno é muito importante para manter, por exemplo, os reservatórios das hidrelétricas cheios, visto que, as nascentes mais importantes dos rios que são utilizados na produção de energia elétrica estão dentro da região de atuação da ZCAS (SEABRA, 2002).

Instabilidades no Centro-oeste

São núcleos convectivos de grande poder de precipitação que se formam durante o verão entre o Paraguai e o centro-oeste do Brasil que podem atingir o Estado de Minas Gerais devido à circulação atmosférica. Tais sistemas são importantes para a precipitação no Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro (BORSATO 2010; 2006).

ASAS

As Altas Subtropicais - ASAS são sistemas de alta pressão localizados em torno de 30 graus de latitude nos principais oceanos de nosso planeta. Elas estão associadas à circulação média meridional da atmosfera, surgindo devido às células de Hadley. No Atlântico Sul, a Alta Subtropical é de grande importância para o clima da América do Sul. Ela afeta o clima do Brasil tanto no inverno como no verão. No inverno, inibe a entrada de frentes e causa inversão térmica e concentração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sudeste e sul. Na região nordeste, a ASAS contribui para o regime de chuvas no litoral (BASTOS, 2000). A dinâmica desse sistema também favorece a formação de nevoeiros e geadas no sul e sudeste do Brasil. Por outro lado, no verão o transporte de umidade nos baixos níveis troposféricos ao longo da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (KODAMA, 1993; QUADRO, 1994), são afetados pela circulação associada a ASAS. É sabido que o ramo oceânico das ZCAS é fortemente modulado pela convergência de umidade no Atlântico (KODAMA, 1993). Além disso, no inverno a ASAS afeta dramaticamente os grandes centros urbanos, como é o caso de São Paulo, devido ao estabelecimento de inversões térmicas, causando problemas para saúde das pessoas e para o meio ambiente em que vivem.

4.4.2.2. Avaliação do acumulado mensal de chuva

A partir da avaliação do comportamento de cada mês em torno da média climatológica verificou-se quais meses são mais secos e quais são mais chuvosos, e ainda quais regiões dentro do Estado se comportam segundo o regime de chuvas (Figura 80).

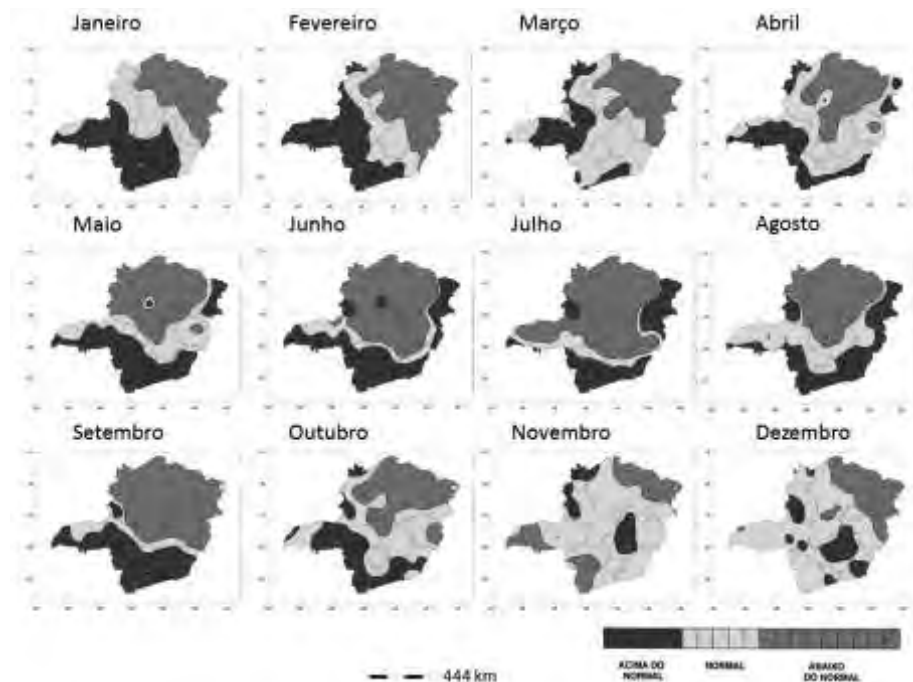


Figura 80: Comportamento de cada mês em torno da média climatológica.

▪ Janeiro

O mês de janeiro apresenta três faixas bem definidas no que se refere à média do acumulado mensal.

Uma faixa que abrange as mesorregiões do Norte, Vale do Mucuri e Vale do Jequitinhonha. Neste mês não significa que essa região é seca, mas sim que chove menos que a média normal do mês para o estado. Essa faixa fica fora da área de atuação da ZCAS e as frentes frias passam ao largo dessa, mais para o oceano.

A segunda faixa em destaque é formada pelas mesorregiões Noroeste, Central Mineira, Metropolitana e Oeste. Essa faixa apresenta valores normais à média estabelecida para o mês. Todos os fenômenos descritos no item anterior atuam nessa área.

A terceira faixa é a formada pelas mesorregiões do Sul de Minas, Triângulo Mineiro e Zona da Mata. É a mais chuvosa do Estado, pois sofre atuação mais intensa dos fenômenos descritos nos sistemas meteorológicos que atuam em Minas Gerais.

▪ Fevereiro

O mês de fevereiro apresenta as mesmas características do mês de janeiro, contudo a faixa em torno da Normal Climatológica é menor, não abrangendo todas as regiões do mês anterior. A faixa em torno do normal fica restrita a mesorregião Metropolitana. A faixa mais chuvosa abrange nesta época as mesorregiões Noroeste, Central Mineira e Oeste. Contudo, a faixa mais seca permanece na mesma proporção

com algumas áreas agora mais secas, enquanto outras que estavam secas no mês de janeiro ficaram mais chuvosas.

O mês de fevereiro costuma ser bem anômalo e ter um déficit de chuva abaixo da Normal devido aos bloqueios que ocorrem no sudeste.

▪ **Março**

No mês de março a chuva é mais distribuída pelo Estado, mas nota-se que ainda permanece o padrão de chuvas acima da faixa da Normal no Sul, chuvas dentro da faixa da Normal no Centro do Estado e mais seco ao Norte. Contudo, a Zona da Mata que era mais chuvosa passa a ficar com valores normais à média. O Norte mantém o padrão de ser mais seco.

▪ **Abril**

No mês de abril a faixa mais seca diminui. A mesorregião do Vale do Mucuri e partes do Vale do Jequitinhonha apresentam características mais normais e até mais acima da Normal. O Sul e Zona da Mata continuam mais chuvosos, assim como a região do Triângulo. As demais ficam dentro da Normal.

Esse mês marca o início padrão da estação seca, contudo como é um mês no qual a estação do ano que atua é de transição, podem ocorrer grandes secas ou grandes pancadas de chuva.

A partir deste mês as frentes frias ficam menos intensas e sistemas como ZCAS não atuam mais. Contudo sistemas como ASAS fortalecem-se e bloqueiam frentes frias que chegam à região.

▪ **Maio**

No mês de maio a faixa caracterizada como mais seca do Estado avança em direção ao Noroeste em relação ao mês de Abril. Isso indica que as instabilidades do Centro-oeste diminuem, fato que acarreta na diminuição das chuvas na mesorregião Noroeste. As mesorregiões perto da média diminuem consideravelmente e as mesorregiões chuvosas permanecem sendo o Sul de Minas e Triângulo e agora volta a ser também chuvosa a Zona da Mata.

▪ **Junho**

As faixas caracterizadas como abaixo do normal avançam por todo o Estado. Nesta época, as frentes frias são as únicas fontes de geração de chuva no Estado. Apenas as regiões ao sul que fazem limite com Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam acumulados acima da Normal. Isso acontece por dois motivos: as frentes frias menos intensas e com trajetórias mais para dentro do oceano ainda causam instabilidades nas mesorregiões Sul e Zona da Mata devido a estas serem montanhosas; as mesorregiões do Vale do Rio Doce e Mucuri sofrem influência não destas frentes frias, mas sim do regime de circulação que existe no litoral capixaba que transporta umidade para dentro do continente provocando chuvas não muito fortes, mas significantes.

▪ **Julho**

Em julho tem-se o ápice do período seco. As regiões abaixo do normal tomam quase 80% do Estado. A mesorregião do Triângulo Mineiro passa de chuvosa para mais seca. No Sul de Minas, Zona da Mata e nos Vales do Rio Doce e Mucuri, permanecem acima da Normal pelos mesmos motivos expostos no mês de Junho.

▪ **Agosto**

Em agosto, as áreas com menor índice de chuva diminuem e passam a ficar no Noroeste e Norte do Estado. A mesorregião do Triângulo Mineiro volta a ficar normal ou acima do normal. As faixas caracterizadas como mais chuvosas são ampliadas em direção ao interior do Estado.

▪ **Setembro**

Setembro é o mês de transição entre o inverno e a primavera. A grande mudança em relação ao mês de agosto é que há uma distribuição das chuvas quase que dividindo o Estado em duas partes: chuvosa e mais seca. As mesorregiões do Vale do Rio Doce e Mucuri passam a ficar mais secas.

Setembro pode ser dividido em duas partes: A primeira metade do mês é bem seca, com poucos eventos de chuva e a segunda começam a ter pancadas de chuvas fortes com presença de granizo e trovoadas.

▪ **Outubro**

Outubro marca o início padrão do período chuvoso. Passam a atuar neste mês sistemas esporádicos de ZCAS que aumentam a precipitação no Estado. A faixa caracterizada por valores abaixo da Normal diminui sua área de abrangência no Estado e o Norte fica mais chuvoso. As demais regiões ficam entre acima da média como no Sul do Estado e próximo à média nas regiões interioranas do Estado. No Noroeste do Estado começam a aparecer as primeiras instabilidades na região Centro-oeste.

▪ **Novembro**

Novembro, para o Estado de Minas Gerais é o mês que apresenta o menor índice de valores abaixo do normal, ou seja, não é o mês que mais chove em quantidade, mas é quando a chuva é mais bem distribuída. Por coincidência é o único mês que o sul do Estado não apresenta chuva acima do normal. Triângulo Mineiro e Sul de Minas apresentam valores abaixo do normal, enquanto que Zona da Mata apresenta valores normais. Contudo, não há uma falta de chuva nestas regiões. O regime de chuva neste mês também é alto na região, mas abaixo da média esperada.

▪ **Dezembro**

Dezembro apresenta uma caracterização climática bem distribuída de chuva. O Norte, Vale do Jequitinhonha e Mucuri são as mesorregiões onde se tem os menores índices de chuva, em relação à média do

Estado. Contudo, tais regiões neste mês podem ter quantidades de chuvas acima de todos os meses, se for configurada uma ZCAS.

▪ Anual

Com base nos mapas de distribuição mensais (Figura 86), pode-se concluir que para o Estado de Minas Gerais existem três faixas climatologicamente bem definidas (Figura 81):

- **Faixa Mais Úmida:** compreende as mesorregiões do Triângulo Mineiro (fronteira com São Paulo), Sul de Minas, Zona da Mata, sul da Metropolitana, Campo dos Vertentes e as partes mais ao sul da mesorregião do Noroeste Mineiro e Vale do Mucuri. A característica desta região é ter acumulados significativos de chuva e na estação seca é normal ter eventos de chuva nestas regiões;

- **Faixa Normal:** compreende o interior central do Estado com a mesorregião Central Mineira, Oeste e norte da Metropolitana. A característica desta região é ter acumulados significativos de chuva na estação chuvosa e ser bem seca na estação seca;

- **Faixa Seca:** compreende as regiões Norte, leste da mesorregião do Noroeste e partes do Vale do Jequitinhonha. A característica da região é ter baixo volume de chuvas no verão e uma estação seca bem definida.

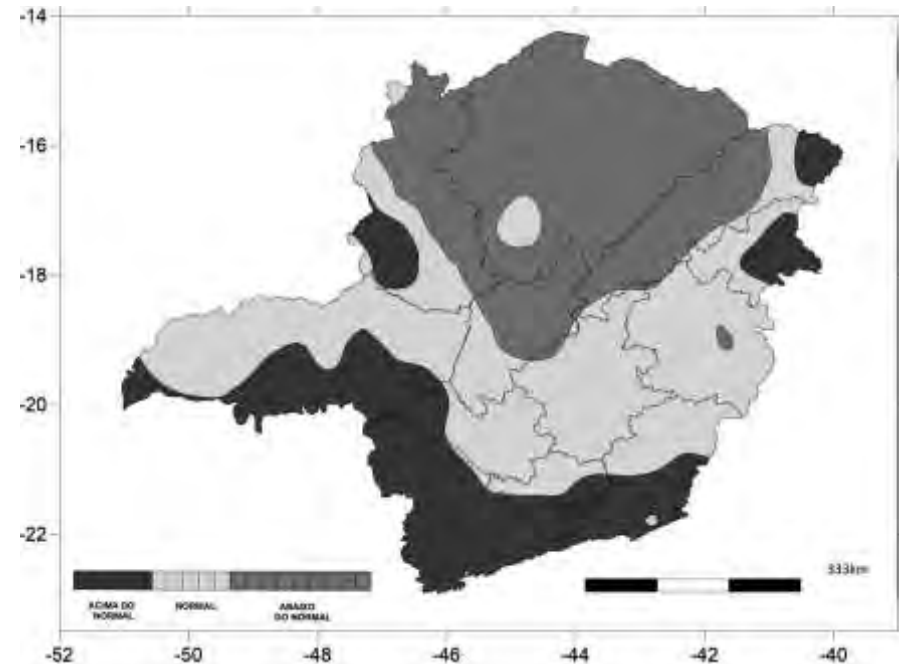


Figura 81: Mapa de distribuição da média do Acumulado: precipitação anual em torno da média do período 1979-2012.

4.4.2.3. Avaliação mensal da quantidade média de dias sem chuva

Nesse item será avaliada a quantidade média de dias sem chuva de cada mês para caracterizar climatologicamente as diferentes faixas do Estado no que se refere a ser mais seca ou mais chuvosa (Figura 82).

Considerou-se que um mês bem chuvoso teria menos de 7 dias sem chuva. Um mês dentro das condições normais esperadas teria até 10 dias sem chuva. Um mês com mais de 15 dias sem chuva já apresenta problemas na pluviosidade e acima de 20 dias é um mês seco.

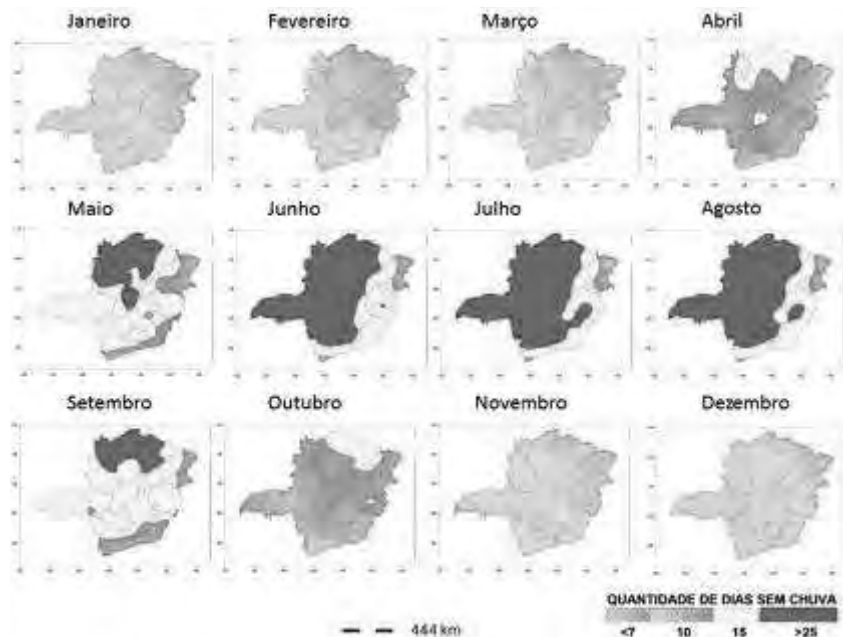


Figura 82: Quantidade média de dias sem chuva de cada mês.

▪ **Janeiro**

Como se espera, o mês de janeiro é o segundo mais chuvoso em Minas Gerais no que tange há dias sem chuva. Mesmo a região mais seca ao Norte do Estado, apresenta menos de 10 dias sem chuva. Qualquer valor acima de 10 dias sem chuva pode-se considerar o mês como anômalo.

▪ **Fevereiro**

O mês de fevereiro se apresenta como menos chuvoso em relação ao mês de janeiro e março. Seria lógico que ele apresentasse um comportamento linear, sendo menos chuvoso que janeiro, contudo mais chuvoso que o mês de março. Neste mês ocorrem alguns bloqueios podendo o mês ficar bem seco como foi em 2012.

▪ **Março**

No mês de março, último da estação chuvosa padrão, ainda permanece o padrão de até 10 dias sem chuva. O mês é importante para fechar o verão e compensar perdas que podem ter ocorrido em fevereiro e dezembro, que são meses que podem ficar com mais dias sem chuva ou problemas na quantidade de chuva esperada.

▪ **Abril**

No mês de abril inicia-se a estação seca padrão. As zonas com menos de 7 dias sem chuva não acontecem em todas as regiões do Estado. Começam a surgir ao Norte zonas com mais de 15 dias sem chuva.

Na prática, a primeira metade do mês ainda tem chuvas bem intensas e a segunda metade do mês é bem seca.

▪ **Maio**

No mês de maio o Norte e Noroeste do estado já apresentam regiões com mais de 21 dias sem chuva e apenas regiões próximas aos Estados

do Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam menos de 10 dias sem chuva

- **Junho, Julho e Agosto**

A análise conjunta dos três meses é necessária por que esses meses apresentam o mesmo padrão. É normal não chover nesses meses em todas as regiões do Estado. Quando há alguma chuva, o mês de ocorrência se torna anômalo. Em ambos os meses, as regiões menos secas em relação ao total são as que estão no leste do Estado, por que há um sistema de circulação atmosférica e junto com a borda das ASAS fazem transporte de umidade na região, provocando chuvas muito fracas quando ocorre.

- **Setembro**

O mês de setembro marca o retorno das chuvas na maior parte do Estado. As regiões mais ao norte continuam com mais de 20 dias sem chuva e as demais regiões ficam com até 15 dias sem chuva. Isso ocorre por que como em abril, o mês tem a primeira metade seca semelhante aos três meses antecedentes e a segunda metade bem chuvosa, com pancadas de chuva forte e até granizo.

- **Outubro**

O primeiro mês da estação chuvosa tem uma característica bem homogênea mostrando que no mês é normal ficar até 7 dias sem chuvas. Neste mês já podem ocorrer ZCAS e as frentes frias que

começam a se impor para dentro do continente e provocam mais tempestades severas.

- **Novembro e Dezembro**

Os meses de novembro e dezembro possuem o mesmo padrão e são meses importantíssimos para o setor elétrico devido ao fato de qualquer anomalia negativa nestes meses prejudicar a reserva de água dos mais importantes reservatórios do País. Ou seja, se houver mais que 10 dias sem chuva no mês pode-se considerá-lo anômalo.

- **Anual**

Segundo a média de todos os meses para dias sem chuva, pode-se classificar o Estado de Minas em 2 regiões (Figura 83):

- **Região mais seca:** Norte e Noroeste de Minas, com a característica de ter em média mais de 15 dias sem chuva.

- **Região mais chuvosa:** O restante das mesorregiões, que possui a média em torno de 10 dias sem chuva.

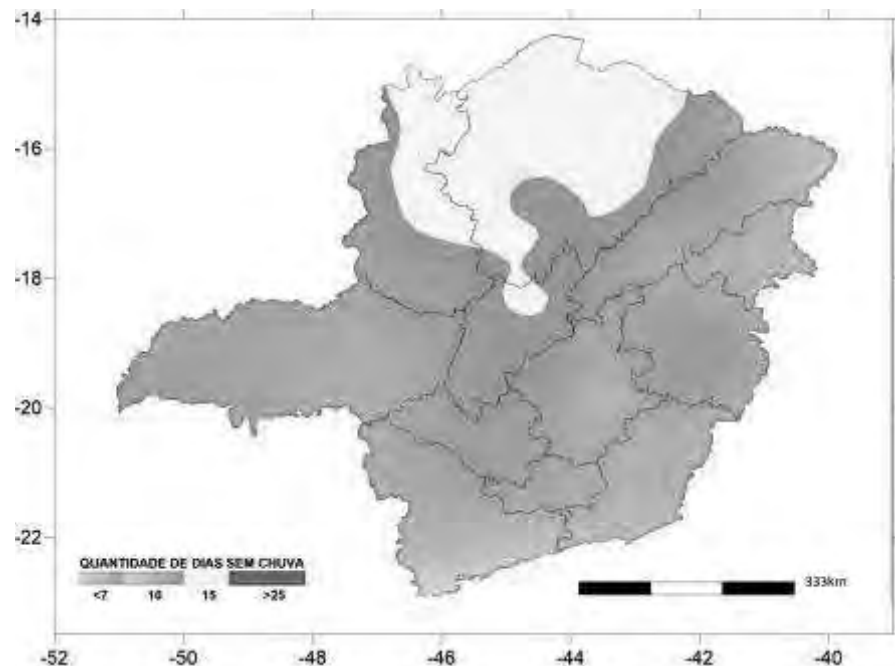


Figura 83: Mapa de distribuição da média do número de dias sem chuva Anual em torno da média do período 1979-2012.

4.4.2.4 Análise de cenários dos desastres provocados pelas chuvas em Minas Gerais

O estudo sobre a evolução dos desastres relacionados às chuvas no Estado de Minas Gerais apresenta a quantidade de municípios atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas no período de 2001 a 2012, como demonstrado na Tabela 19.

Tabela 19: Quantidade de municípios atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas no Estado de Minas Gerais no período de 2001 a 2012.

PERÍODO	MUNICÍPIOS ATINGIDOS
2001/02	239
2002/03	261
2003/04	218
2004/05	234
2005/06	152
2006/07	316
2007/08	121
2008/09	276
2009/10	120
2010/11	216
2011/12	273

Fonte: Cedec (MG).

Nota-se que no último período chuvoso (2011/2012) houve um aumento de 27% no número de municípios mineiros atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas em relação à média histórica dos últimos 10 anos, que foi de 215 municípios no período.

No último período chuvoso (2011/2012), o número de municípios que decretaram Situação de Emergência e foram reconhecidos pelo Governo Federal mais que dobrou em relação à média histórica de reconhecimentos dos últimos 10 anos, que é de 72 municípios (Tabela 20). O percentual de aumento registrado foi de 125%. Cabe ressaltar, que o Governo Federal adotou no período vários procedimentos de simplificação do reconhecimento do processo de decretação.

Tabela 20: Quantidade de municípios atingidos pelos desastres provocados pelas chuvas no Estado de Minas Gerais que decretaram Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública e foram reconhecidos pelo Governo Federal no período de 2001 a 2012.

PERÍODO	MUNICÍPIOS RECONHECIDOS PELO GOVERNO FEDERAL
2001/02	152
2002/03	105
2003/04	84
2004/05	35
2005/06	5
2006/07	140
2007/08	2
2008/09	100
2009/10	23
2010/11	74
2011/12	162

Fonte: Cedec (MG).

A Figura 84 e o Quadro 11 apresentam os municípios atingidos por desastres relacionados com o incremento das precipitações hídricas 2011/2012.

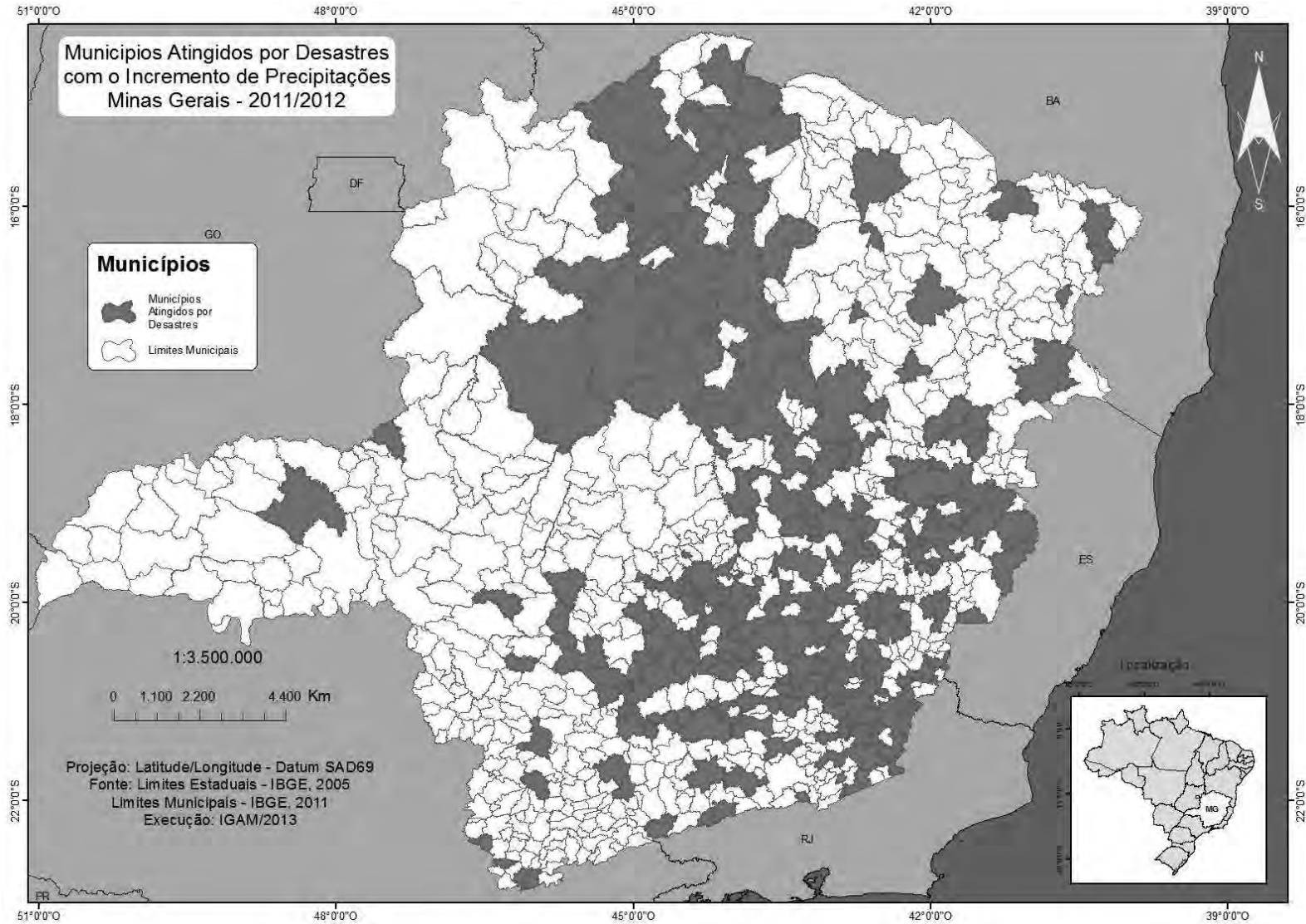


Figura 84: Municípios atingidos por desastres relacionados com o incremento das precipitações hídricas 2011/2012, adaptado de Cedec (MG).

Quadro 11: Relação dos municípios mineiros atingidos pelos desastres relacionados às chuvas em 2011/2012.

MUNICÍPIOS			
1	ABADIA DOS DOURADOS	27	BETIM
2	ABRE CAMPO	28	BOCAIUVA
3	ACAIACA	29	BONITO DE MINAS
4	AIMORÉS	30	BRÁS PIRES
5	ALAGOA	31	BRASÍLIA DE MINAS
6	ALÉM PARAÍBA	32	BRAÚNAS
7	ALFENAS	33	BRUMADINHO
8	ALPERCATA	34	BUENÓPOLIS
9	ALTO RIO DOCE	35	BURITIZEIRO
10	ALVINÓPOLIS	36	CACHOEIRA DA PRATA
11	ANDRELÂNDIA	37	CAMANDUCAIA
12	ANGELÂNDIA	38	CAMPANÁRIO
13	ANTÔNIO DIAS	39	CAMPO BELO
14	ANTÔNIO PRADO DE MINAS	40	CANAÃ
15	ARAÇUAÍ	41	CANDEIAS
16	ARAPONGA	42	CAPITÓLIO
17	ASTOLFO DUTRA	43	CAPUTIRA
18	AUGUSTO DE LIMA	44	CARANDAÍ
19	BALDIM	45	CARANGOLA
20	BARÃO DE COCAIS	46	CARATINGA
21	BARÃO DO MONTE ALTO	47	CARLOS CHAGAS
22	BARBACENA	48	CARMÉSIA
23	BARRA LONGA	49	CARMO DA MATA
24	BARROSO	50	CARMO DO CAJURU
25	BELO HORIZONTE	51	CARMÓPOLIS DE MINAS
26	BELO VALE	52	CATAGUASES
53	CIPOTÂNEA		
54	CLARO DOS POÇÕES		
55	CLÁUDIO		
56	COLUNA		
57	CONCEIÇÃO DA BARRA DE MINAS		
58	CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO		
59	CONCEIÇÃO DO PARÁ		
60	CONCEIÇÃO DO RIO VERDE		
61	CONGONHAS		
62	CONSELHEIRO LAFAIETE		
63	CONSELHEIRO PENA		
64	CONTAGEM		
65	CORAÇÃO DE JESUS		
66	COROACI		
67	CORONEL FABRICIANO		
68	CORONEL XAVIER CHAVES		
69	CRUCILÂNDIA		
70	DESTERRO DE ENTRE RIOS		
71	DIAMANTINA		
72	DIVINÉSIA		
73	DIVINÓPOLIS		
74	DOM CAVATI		
75	DOM JOAQUIM		
76	DONA EUZÉBIA		
77	DORES DO GUANHÃES		
78	ENGENHEIRO CALDAS		

...Continuação

MUNICÍPIOS					
79	ENTRE FOLHAS	105	IGARAPÉ	131	JUATUBA
80	ENTRE RIO DE MINAS	106	IGUATAMA	132	LAGOA DOS PATOS
81	ERVÁLIA	107	IJACI	133	LAJINHA
82	ESMERALDAS	108	IMBÉ DE MINAS	134	LAMIM
83	ESPERA FELIZ	109	INHAPIM	135	LASSANCE
84	EUGENÓPOLIS	110	IPABA	136	LAVRAS
85	FARIA LEMOS	111	IPATINGA	137	LEME DO PRADO
86	FERROS	112	ITABIRA	138	LEOPOLDINA
87	FLORESTAL	113	ITABIRITO	139	LIMA DUARTE
88	FORMIGA	114	ITACARAMBI	140	LUISLÂNDIA
89	FRANCISCO DUMONT	115	ITAGUARA	141	LUZ
90	FRANCISCO SÁ	116	ITAMARANDIBA	142	MANGA
91	FREI GASPAR	117	ITAMBACURI	143	MARIANA
92	GALILÉIA	118	ITAMONTE	144	MÁRIO CAMPOS
93	GOIABEIRAS	119	ITANHOMI	145	MATERLÂNDIA
94	GOVERNADOR VALADARES	120	ITUETA	146	MATEUS LEME
95	GUARACIABA	121	ITUMIRIM	147	MATHIAS LOBATO
96	GUARACIAMA	122	JACINTO	148	MATIAS CARDOSO
97	GUARANI	123	JAÍBA	149	MATIPÓ
98	GUIDOVAL	124	JANUÁRIA	150	MEDEIROS
99	GUIRICEMA	125	JECEABA	151	MESQUITA
100	IAPU	126	JEQUERI	152	MIRAÍ
101	IBIAÍ	127	JEQUITAÍ	153	MOEDA
102	IBIRITÉ	128	JOANÉSIA	154	MONTE SIÃO
103	IBITURUNA	129	JOÃO MONLEVADE	155	MONTES CLAROS
104	ICARAÍ DE MINAS	130	JOÃO PINHEIRO	156	MORRO DO PILAR

...Continuação

MUNICÍPIOS					
157	MUNHOZ	183	PINTÓPOLIS	209	SABINÓPOLIS
158	MURIAÉ	184	PIRACEMA	210	SANTA BÁRBARA
159	NAZARENO	185	PIRANGA	211	SANTA CRUZ DE MINAS
160	NOVA LIMA	186	PIRAPETINGA	212	SANTA EFIGÊNIA DE MINAS
161	NOVA MÓDICA	187	PIRAPORA	213	SANTA FÉ DE MINAS
162	NOVA UNIÃO	188	POÇO FUNDO	214	SANTA HELENA DE MINAS
163	OLHOS D'ÁGUA	189	PONTE NOVA	215	SANTA RITA DE JACUTINGA
164	OLIVEIRA	190	PONTO CHIQUE	216	SANTANA DE PIRAPAMA
165	OURO PRETO	191	PORTO FIRME	217	SANTANA DO JACARÉ
166	PADRE CARVALHO	192	PRADOS	218	SANTANA DO MANHUAÇU
167	PAINS	193	PRESIDENTE BERNARDES	219	SANTO ANTÔNIO DO AMPARO
168	PALMA	194	RAPOSOS	220	SANTO ANTÔNIO DO JACINTO
169	PARÁ DE MINAS	195	RAUL SOARES	221	SANTO ANTÔNIO DO RIO ABAIXO
170	PASSA TEMPO	196	RECREIO	222	SANTO HIPÓLITO
171	PASSA VINTE	197	REDUTO	223	SANTOS DUMONT
172	PASSABEM	198	RESPLENDOR	224	SÃO BRÁS DO SUAÇUÍ
173	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	199	RIBEIRÃO VERMELHO	225	SÃO DOMINGOS DO PRATA
174	PAULA CÂNDIDO	200	RIO CASCA	226	SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA
175	PAULISTAS	201	RIO DOCE	227	SÃO FRANCISCO
176	PEDRA AZUL	202	RIO ESPERA	228	SÃO FRANCISCO DE PAULA
177	PEDRA DO ANTA	203	RIO MANSO	229	SÃO GERALDO
178	PEDRAS DE MARIA DA CRUZ	204	RIO PARDO DE MINAS	230	SÃO GERALDO DA PIEDADE
179	PEDRO LEOPOLDO	205	RIO PIRACICABA	231	SÃO GERALDO DO BAIXIO
180	PERDÕES	206	RIO VERMELHO	232	SÃO GONÇALO DO ABAETÉ
181	PERIQUITO	207	RODEIRO	233	SÃO JOÃO DA LAGOA
182	PESCADOR	208	SABARÁ	234	SÃO JOÃO DA MATA

...Continuação

MUNICÍPIOS					
235	SÃO JOÃO DA PONTE	248	SARZEDO	261	TIRADENTES
236	SÃO JOÃO DEL-REI	249	SENADOR CORTES	262	TRÊS CORAÇÕES
237	SÃO JOÃO DO ORIENTE	250	SENADOR FIRMINO	263	TUMIRITINGA
238	SÃO JOÃO DO PACUÍ	251	SENADOR MODESTINO GONÇALVES	264	UBÁ
239	SÃO JOÃO EVANGELISTA	252	SENHORA DE OLIVEIRA	265	UBAÍ
240	SÃO JOÃO NEPOMUCENO	253	SENHORA DOS REMÉDIOS	266	UBAPORANGA
241	SÃO MIGUEL DO ANTA	254	SERRO	267	UBERLÂNDIA
242	SÃO PEDRO DO SUAÇUÍ	255	SETUBINHA	268	VÁRZEA DA PALMA
243	SÃO PEDRO DOS FERROS	256	SIMÃO PEREIRA	269	VARZELÂNDIA
244	SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	257	SIMONÉSIA	270	VESPASIANO
245	SÃO SEBASTIÃO DO MARANHÃO	258	TARUMIRIM	271	VIÇOSA
246	SÃO SEBASTIÃO DO RIO PRETO	259	TEIXEIRAS	272	VIEIRAS
247	SARDOÁ	260	TIMÓTEO	273	VISCONDE DO RIO BRANCO

Fonte: Cedec (MG).

No ano de 2012 houve um aumento de 9,65% no número de municípios mineiros atingidos pela seca, em relação ao ano de 2011, e, em relação à média histórica dos últimos oito anos, que foi de 108 municípios ao ano, ocorreu um aumento de 15,74% (Tabela 21).

Tabela 21: Quantidade de municípios que decretaram situação de anormalidade devido à estiagem/seca no Estado de Minas Gerais no período de 2004 a 2012.

PERÍODO	MUNICÍCIOS ATINGIDOS
2004	83
2005	103
2006	104
2007	132
2008	128
2009	92
2010	111
2011	114
2012	125

Fonte: Cedec (MG).

Observa-se que, no ano de 2012, o número de municípios que decretaram Situação de Emergência e foram reconhecidos pelo Governo Federal aumentou 84,85% em relação à média histórica de reconhecimentos dos últimos seis anos, de 66 municípios (Tabela 22).

Tabela 22: Quantidade de municípios atingidos pela Seca que decretaram Situação de Emergência e foram homologados pelo Governo Estadual e reconhecidos pelo Governo Federal no período de 2004 a 2012.

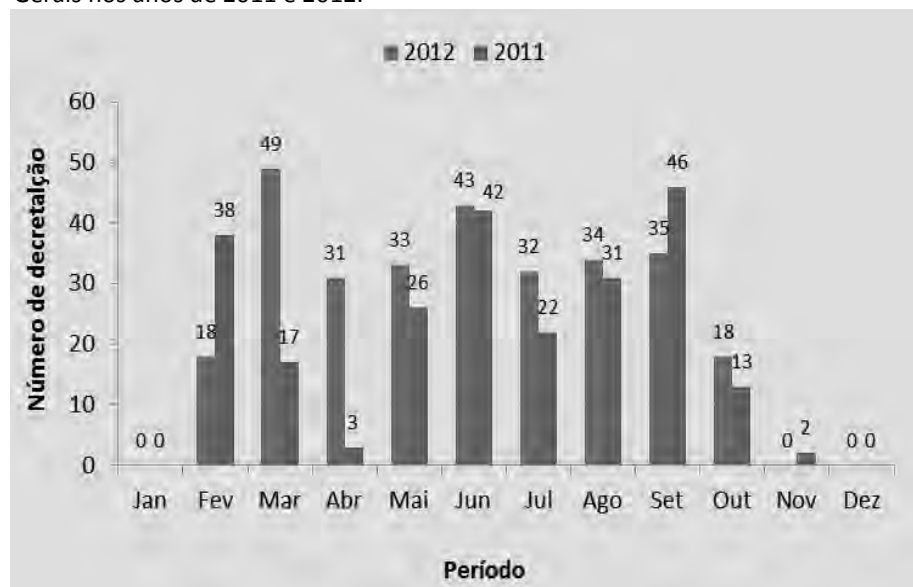
PERÍODO	HOMOLOGADOS PELO GOVERNO ESTADUAL	RECNECIDOS PELO GOVERNO FEDERAL
2004	83	-
2005	77	44
2006	98	42
2007	119	55
2008	118	113
2009	63	54
2010	102	89
2011	106	10
2012	113	123

Fonte: Cedec (MG).

Verifica-se, por meio Gráfico 20, que no ano de 2011, nos meses de fevereiro, junho e setembro, ocorreu a maioria das decretações devido ao longo período de estiagem no ano e aos municípios os terem decretado por mais de uma vez.

O ano de 2012 apresentou o ápice das decretações no mês de março, seguido por junho e setembro, representando juntos 43,34% do total.

Gráfico 20: Decretações do número de municípios atingidos pela Seca em Minas Gerais nos anos de 2011 e 2012.



A Figura 85 e o Quadro 12 apresentam os municípios do Estado que decretaram situação de emergência pela seca em 2012.

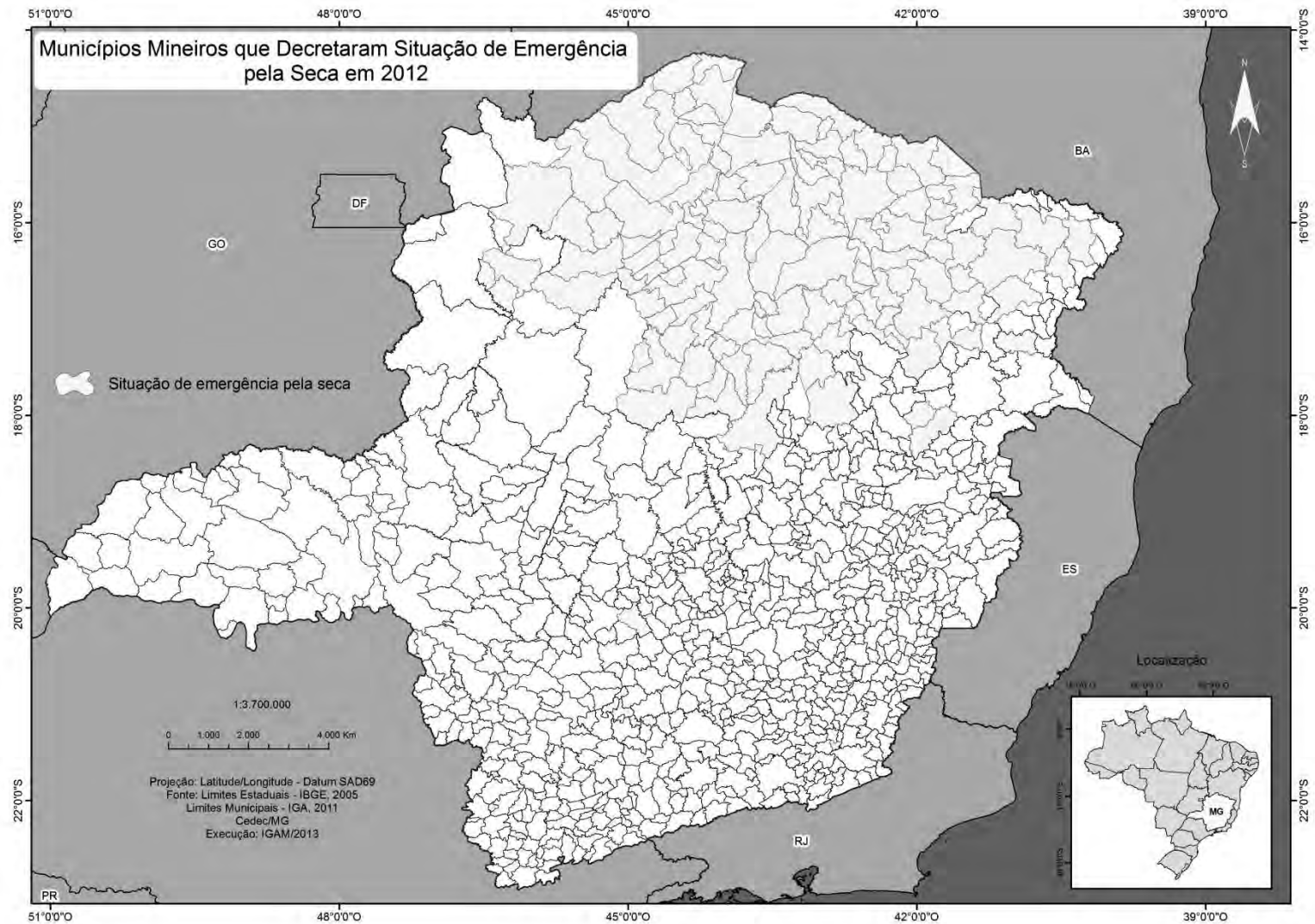


Figura 85: Municípios atingidos pela Seca em Minas Gerais em 2012 (adaptado Cedec-MG, 2013).

Quadro 12: Relação dos municípios mineiros que decretaram situação de emergência pela seca em 2012.

MUNICÍPIOS					
1	ÁGUAS VERMELHAS	27	CURRAL DE DENTRO	53	JACINTO
2	ALMENARA	28	DIAMANTINA	54	JAÍBA
3	ARAÇUAÍ	29	DIVISA ALEGRE	55	JANAÚBA
4	ARINOS	30	DIVISÓPOLIS	56	JANUÁRIA
5	BERILO	31	DOM BOSCO	57	JAPONVAR
6	BERIZAL	32	ENGENHEIRO NAVARRO	58	JENIPAPO DE MINAS
7	BOCAIÚVA	33	ESPINOSA	59	JEQUITAÍ
8	BONFINÓPOLIS DE MINAS	34	FRANCISCO BADARÓ	60	JEQUITINHONHA
9	BONITO DE MINAS	35	FRANCISCO DUMONT	61	JOAÍMA
10	BOTUMIRIM	36	FRANCISCO SÁ	62	JOAQUIM FELÍCIO
11	BRASÍLIA DE MINAS	37	FRANCISCÓPOLIS	63	JOSÉ GONÇALVES DE MINAS
12	BUENÓPOLIS	38	FRUTA DE LEITE	64	JOSENÓPOLIS
13	CAMPO AZUL	39	GAMELEIRAS	65	JURAMENTO
14	CAPITÃO ENÉAS	40	GLAUCILÂNDIA	66	JUVENÍLIA
15	CARAÍ	41	GRÃO MOGOL	67	LAGOA DOS PATOS
16	CARBONITA	42	GUARACIAMA	68	LASSANSSE
17	CATUTI	43	IBIAÍ	69	LEME DO PRADO
18	CHAPADA DO NORTE	44	IBIRACATU	70	LONTRA
19	CHAPADA GAÚCHA	45	ICARAÍ DE MINAS	71	LUISIÂNDIA
20	CLARO DAS POÇÕES	46	INDAIABIRA	72	MAMONAS
21	COMERCINHO	47	ITACAMBIRA	73	MANGA
22	CÔNEGO MARINHO	48	ITACARAMBI	74	MATIAS CARDOSO
23	CORAÇÃO DE JESUS	49	ITAMARANDIBA	75	MATO VERDE
24	CORONEL MURTA	50	ITAMBACURI	76	MEDINA
25	CRISÓLITA	51	ITAOBIM	77	MIRABELA
26	CRISTÁLIA	52	ITINGA	78	MIRAVÂNIA

...Continuação

MUNICÍPIOS	
79 MONTALVÂNIA	104 RUBIM
80 MONTE AZUL	105 SALINAS
81 MONTES CLAROS	106 SANTA CRUZ DE SALINAS
82 MONTEZUMA	107 SANTA FÉ DE MINAS
83 NATALÂNDIA	108 SANTO ANTÔNIO DO RETIRO
84 NINHEIRA	109 SÃO FRANCISO
85 NOVA PORTEIRINHA	110 SÃO JOÃO DA LAGOA
86 NOVO CRUZEIRO	111 SÃO JOÃO DA PONTE
87 NOVORIZONTE	112 SÃO JOÃO DAS MISSÕES
88 OLHOS D'ÁGUA	113 SÃO JOÃO DO PACUÍ
89 PADRE CARVALHO	114 SÃO JOÃO DO PARAÍSO
90 PADRE PARAÍSO	115 SÃO ROMÃO
91 PAI PEDRO	116 SERRANÓPOLIS DE MINAS
92 PATIS	117 TAIOBEIRAS
93 PEDRA AZUL	118 TURMALINA
94 PEDRAS DE MARIA DA CRUZ	119 UBAÍ
95 PINTÓPOLIS	120 URUCUIA
96 PIRAPORA	121 VARGRM GRANDE DO RIO PARDO
97 PONTO CHIQUE	122 VÁRZEA DA PALMA
98 PONTO DOS VOLANTES	123 VARZELÂNDIA
99 PORTEIRINHA	124 VERDELÂNDIA
100 RIACHO DOS MACHADOS	125 VIRGEM DA LAPA
101 RIO DOCE	
102 RIO PARDO DE MINAS	
103 RUBELITA	

Fonte: Cedec (MG).

4.4.3. Monitoramento da Qualidade das Águas

No Estado de Minas Gerais, o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas é realizado pelo Igam, por meio do Projeto Águas de Minas, em execução desde 1997.

Os dezesseis anos de operação da rede de monitoramento vêm demonstrando a sua importância no fornecimento de informações básicas necessárias para a definição de estratégias e da própria avaliação da efetividade do Sistema de Controle Ambiental, sob responsabilidade da SEMAD, e para o Planejamento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, subsidiando a formação e atuação dos Comitês e Agências de Bacias a cargo do Igam/CERH.

A rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais atualmente conta com 590 estações de amostragem de água superficial. A área de abrangência do programa de monitoramento das águas superficiais inclui as principais bacias dos rios mineiros. O monitoramento básico é realizado em locais estratégicos para acompanhamento da evolução da qualidade das águas, identificação de tendências e apoio a elaboração de diagnósticos (ANA, 2013). A rede básica de monitoramento (macro-rede) conta com 522 estações de amostragem (distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari. Das 51 estações indicadas no PERH (IGAM, 2011) como estratégicas para o território mineiro, 41 já eram existentes na rede básica de

monitoramento e as 10 restantes foram implantadas ao longo de 2011 e 2012.

Nas regiões em que são dominantes as pressões ambientais decorrentes de atividades industriais, minerárias e de infraestrutura, são operadas redes de monitoramento específicas para cada tipo de pressão antrópica, as quais são denominadas redes dirigidas, com 44 estações. Essas redes têm objetivos específicos, tais como subsidiar as propostas de enquadramento da sub-bacia da Pampulha e acompanhar a qualidade das Águas da Cidade Administrativa de Minas Gerais (CAMG) e Parque Estadual Serra Verde (PESV).

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas vem sendo executado pelo Igam, desde 2005. Esse monitoramento iniciou-se no âmbito das UPGRHs: sub-bacias SF6 – rios Jequitai e Pacuí, SF9 – afluentes mineiros do médio São Francisco e SF10 – rio Verde Grande, inseridas na mesorregião do Norte de Minas Gerais (bacia do rio São Francisco).

A área abrangida pelo monitoramento das águas subterrâneas, no Norte de Minas Gerais, corresponde a 83.433 km², ou seja, aproximadamente 14% do território do Estado e contempla, atualmente, 60 poços de monitoramento (profundos e de produção). Portanto, a densidade desta rede de monitoramento é de 1,3 poços/1.000km².

A partir de 2009, o Igam implantou pontos de monitoramento na área confinada do aquífero Guarani em Minas Gerais, adotando, assim,

ações do Programa Estratégico de Ações - PEA produzido pelo Projeto Sistema Aquífero Guarani - PSAG. Esta rede de monitoramento abrange as sub-bacias dos rios Grande e Paranaíba – UPGRH’s GD8 e PN3 – nos municípios de Cachoeira Dourada, Frutal, Uberaba e Conceição das Alagoas. São, atualmente, apenas cinco poços de monitoramento (profundos e de produção). Considerando as duas UPGRH’s envolvidas, a rede tem como objetivo futuro monitorar uma extensão de aproximadamente 45.823 km², correspondente a 7,8% do Estado. Logo, a rede de monitoramento do aquífero Guarani no Triângulo Mineiro apresenta densidade baixa e igual a 0,11 poços/1.000km².

Os pontos da rede de monitoramento foram selecionados a partir de bancos de dados existentes, tendo sido implantados com base em levantamentos de campo. Os principais bancos de dados utilizados foram: outorgas do Sistema de Informações Ambientais do Estado de Minas Gerais - SIAM e cadastros de poços do Sistema de Informações de Águas subterrâneas - Siagas da CPRM – Companhia de Pesquisa Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil.

A definição da configuração das redes de monitoramento considerou a adequação de cada poço no que se refere às condições de amostragem e às informações construtivas. Um breve resumo do monitoramento, do Igam, é apresentado no Quadro 13.

Quadro 13: Principais características do monitoramento por região/aquífero monitorado no Estado de Minas Gerais.

	SF6, SF9 e SF10	Aquífero Guarani
Início do período do monitoramento	2005	2009
Nº de pontos	60	4
Nº de parâmetros analisados	74	60
Nº de resultados válidos	33.925	224
Periodicidade de coleta	Semestral	Anual

A maior parte dos poços de monitoramento, mesorregião Norte de Minas, extrai água do aquífero Bambuí.

Com relação ao aquífero Guarani, o número de medições é ainda pequeno e, por isso, pouco representativo. Em vista disso, optou-se por não executar o tratamento estatístico destes dados, no momento, ressaltando a importância da continuidade do monitoramento para uma avaliação futura adequada da qualidade deste aquífero, no Estado.

As Figuras 86 a 88 demonstram a evolução da rede de monitoramento no Estado de Minas Gerais, bem como a situação atual da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

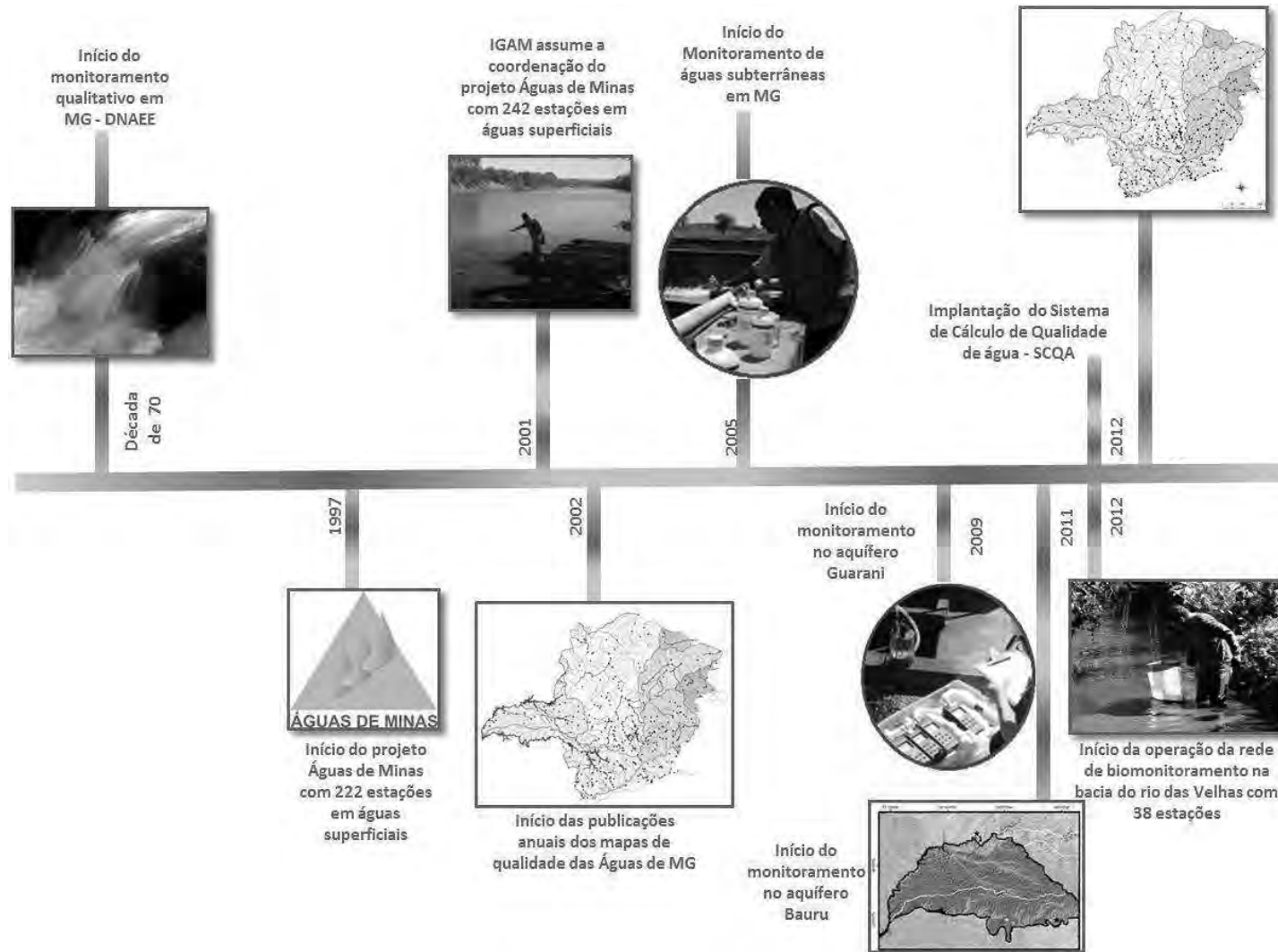


Figura 86: Evolução do Programa de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas no Estado de Minas Gerais.

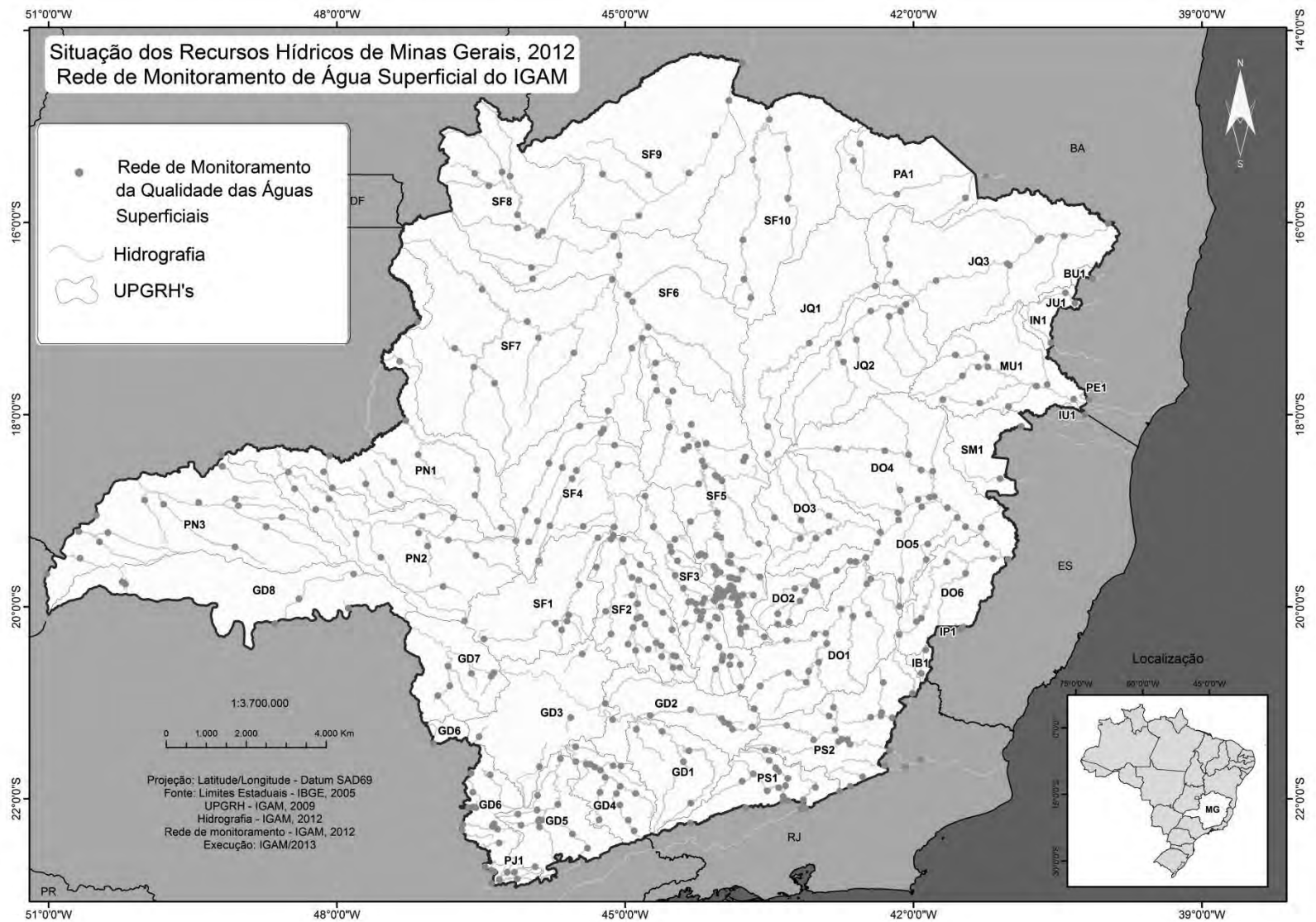


Figura 87: Estações de monitoramento na rede básica de qualidade das águas superficiais no Estado de MG.

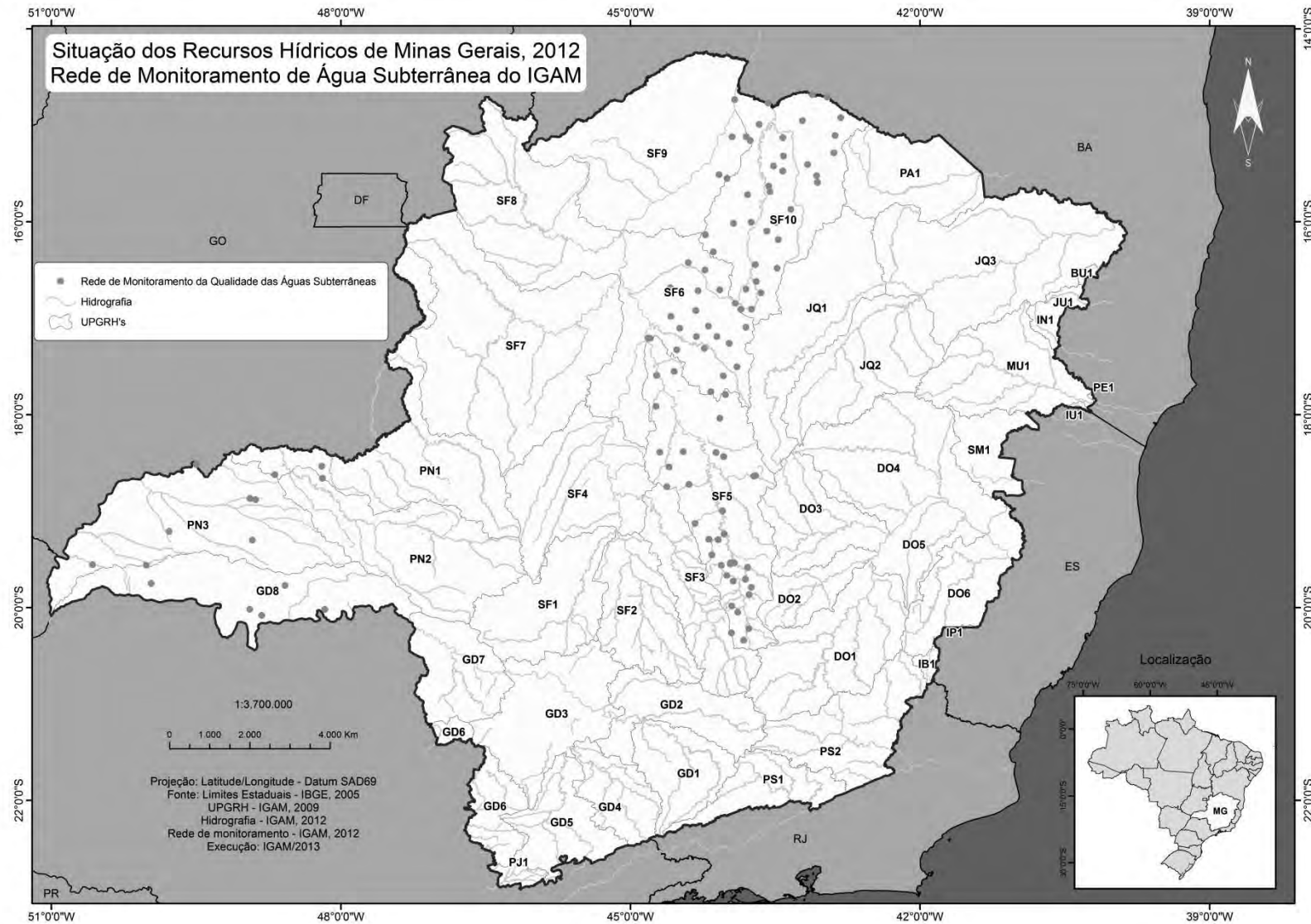


Figura 88: Pontos de monitoramento de águas subterrâneas da rede mineira.

4.4.3.1. Qualidade das Águas Superficiais

As análises de qualidade de água superficiais apresentadas neste relatório baseiam-se nos dados da rede básica de monitoramento operada pelo Igam provenientes das bacias hidrográficas dos rios mineiros, obtidos no período de 1997 a 2012.

A qualidade das águas superficiais de Minas Gerais foi analisada neste estudo por meio dos índices: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Contaminação por Tóxicos (CT), Índice de Estado Trófico (IET), Densidade de Cianobactérias, e o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), além do parâmetro Oxigênio Dissolvido e dos parâmetros que integram o IET. Em complementação, foram realizadas análises de tendência da evolução do IQA no período 2000 a 2012.

4.4.3.1.1. Descrição dos cálculos dos indicadores da qualidade das águas

Índice de Qualidade das Águas – IQA

O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos em 1970, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados.

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove (9) parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme apresentado na Tabela 23, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA. Na ausência de um dos parâmetros coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido o IQA não foi calculado para aqueles pontos. E na ausência dos demais parâmetros o IQA foi calculado com oito parâmetros, sendo o peso do parâmetro faltante redistribuído entre os demais parâmetros.

Tabela 23: Pesos atribuídos aos parâmetros para o cálculo do IQA

Parâmetro	Peso – wi
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	0,10
Fosfato total (mg/L PO ₄ ⁻²)	0,10
Variação da temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Neste trabalho, adota-se o IQA multiplicativo, que é calculado pela seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Ressalta-se que no âmbito do Projeto Águas de Minas, para o cálculo do IQA considera-se o qs da variação de temperatura constante e igual a 92. Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme a Tabela 24.

Tabela 24: Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado.

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA ≤ 25	Muito ruim	

Fonte: IGAM (2012) e CETESB (2008).

Segundo a ANA (2012) o IQA é particularmente sensível a contaminação por esgotos, sendo um índice de referência normalmente associado a qualidade da água bruta captada para o abastecimento público após o tratamento. Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

A análise do IQA foi baseada na avaliação da 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.

Contaminação por Tóxicos (CT)

A Contaminação por Tóxicos – CT avalia a presença de 13 substâncias tóxicas nos corpos de água, quais sejam: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total. Os resultados das análises laboratoriais são comparados com os limites definidos nas classes de enquadramento dos corpos de água pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, na Deliberação Normativa Conjunta nº 01/08. A Tabela 25 apresenta as três faixas de classificação para o índice de Contaminação por Tóxicos, bem como o significado de cada uma delas.

Tabela 25: Classes da Contaminação por Tóxicos e seus significados.

Valor CT em relação à classe de enquadramento	Contaminação	Significado
concentração $\leq 1,2 P$	Baixa	Refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedam em até 20% o limite de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem.
$1,2 P < \text{concentração} \leq 2 P$	Média	Refere-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%.
concentração $> 2P$	Alta	Refere-se às concentrações que excedam em mais de 100% os limites.

Índice de Estado Trófico – IET

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades. Como decorrência deste processo, o ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico (ESTEVES, 1998).

O Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton.

O crescente aumento dos níveis de clorofila-*a* e nutrientes, especialmente de fósforo total, nos corpos de água monitorados no Estado tem alertado para o desenvolvimento de estudos que contribuam para um melhor entendimento da relação causa-efeito entre os processos produtivos e seu impacto ambiental em ecossistemas aquáticos. Portanto, a partir do ano 2007, o Projeto Águas de Minas passou a utilizar o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1983 e 1984) e Lamparelli (2004) para contribuir na avaliação da qualidade das águas.

Para a classificação deste índice em rios são adotados os estados de trofia apresentados na Tabela 26.