

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA
COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS

PROJETO BACIA DO SÃO FRANCISCO

PROVÍNCIA MINERAL BAMBUÍ (MG)

Coordenação: Claiton Piva Pinto, Geól. MSc.

Comitê Gestor: Claiton Piva Pinto - CPRM
José Fernando Coura - SEME
Marcelo Arruda Nassif - COMIG

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE BURITIS

Execução:

Eduardo Jorge Machado Simões
Haroldo Santos Viana

Coordenação:

Maria Antonieta Alcântara Mourão

Apoio:

Angélica Garcia Soares
Ely Soares de Oliveira
Maria Antonieta Alcântara Mourão

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

José Jorge de Vasconcelos Lima
Ministro de Estado

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

Luciano de Freitas Borges
Secretário de Minas e Metalurgia

CPRM—SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Umberto Raimundo Costa
Diretor- Presidente

Luiz Augusto Bizzi
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Paulo Antônio Carneiro Dias
**Diretor de Relações Institucionais e
Desenvolvimento**

José de Sampaio Portela Nunes
Diretor de Administração e Finanças

Sabino Orlando C. Loguércio
Chefe do Departamento de Geologia

Inácio de Medeiros Delgado
Chefe da Divisão de Geologia Básica

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE
BELO HORIZONTE**

Oswaldo Castanheira
Superintendente

Claiton Piva Pinto
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Nelson Baptista de Oliveira Resende Costa
**Gerente de Relações Institucionais e
Desenvolvimento**

Maria Letícia Rabelo Alves Patrus
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Itamar Augusto Cautiero Franco
Governador

SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA

Luís Márcio Ribeiro Vianna
Secretário de Estado

José Fernando Coura
Secretário Adjunto

Paulo Nantes dos Santos
Superintendente de Recursos Minerais

Hélcio Santos Cambraia
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

**COMPANHIA MINERADORA DE
MINAS GERAIS - COMIG**

Henrique Eduardo Ferreira Hargreaves
Diretor-Presidente

Marcelo Arruda Nassif
Diretor de Desenvolvimento Mineral

Marco Aurélio Martins da Costa Vasconcelos
Diretor de Administração e Finanças

Jólcio Carvalho Pereira
**Diretor de Desenvolvimento e Controle de
Negócios**

APRESENTAÇÃO

O Projeto São Francisco é resultado do convênio entre a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Estado de Minas e Energia - SEME e Companhia Mineradora de Minas Gerais, para executar trabalhos de mapeamento geológico e avaliação de recursos minerais e hídricos subterrâneos na bacia do São Francisco, em Minas Gerais.

Este relatório apresenta os resultados da caracterização hidrogeológica do município de Buritis, com base no cadastramento de 112 poços, dos quais 71 pertencentes ao setor privado e 37 ao setor público. Do total, 4 são secos, sem indicação de propriedade. São apresentados a caracterização da água subterrânea quanto aos aspectos físico-químicos e bacteriológicos, bem como os resultados da avaliação sobre sua qualidade para consumo humano, agrícola, industrial e na pecuária. Riscos potenciais de contaminação foram avaliados com base nas deficiências construtivas dos poços e quanto a fontes potenciais de contaminação. O diagnóstico atual de exploração, incluindo a estimativa de expansão do volume bombeado, foi estabelecido visando orientar o planejamento de ações que requerem o uso da água subterrânea.

Em anexo é apresentado o mapa de localização de pontos do município.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	5
4 - MÉTODOS EMPREGADOS	7
5 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	9
6 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	11
7 - GEOLOGIA DO MUNICÍPIO	13
8 - UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	15
8.1 - Aquíferos Cársticos	15
8.2 - Aquíferos Fissurados	16
8.3 - Aquíferos Granulares	16
8.3.1 - Aquíferos Aluviais	16
8.3.2 - Aquíferos de Depósitos Terciário-Quaternários	16
9 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	19
10 - CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	23
11- USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	25
11.1 - Consumo Humano	25
11.2 - Uso Agrícola e na Pecuária	26
11.3 - Uso na Indústria	27
12 - DIAGNÓSTICO ATUAL DA EXPLOTAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	29
13 - PRINCIPAIS QUESTÕES RELACIONADAS À OUTORGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE MINAS GERAIS	31
14 - CONCLUSÕES	33
15 - RECOMENDAÇÕES	35
16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	
1 - Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas ' In Loco'	39
2 - Características Organolépticas, Físico-Químicas, Químicas e Bacteriológicas	49
3 - Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água	53
GLOSSÁRIO	71

1 - INTRODUÇÃO

O estudo dos recursos hídricos subterrâneos tem como proposta de trabalho o levantamento completo da situação atual das fontes de suprimento de água subterrânea. Estas informações deverão municiar as instituições, órgãos, empresas e profissionais, para o planejamento de intervenções relacionadas a obras de captação ou de uso e ocupação do solo. Constitui, portanto, importante ferramenta para o desencadeamento de ações que visem atender aos vários aspectos de aproveitamento e proteção das águas subterrâneas.

A água subterrânea - um dos mais ou senão, o mais importante recurso natural do planeta - compreende 97% de toda água doce disponível, sendo os rios e lagos responsáveis pelos 3% restantes. Origina-se da infiltração da água de chuva e de águas de superfície, armazenando-se entre os poros ou em fissuras e condutos das rochas.

A possibilidade de interligação das águas subterrâneas com os cursos superficiais e o seu papel na manutenção do fluxo de base das drenagens em períodos de estiagem, através dos pontos de descarga (nascentes e aluviões dos rios), refletem a importância de se conhecer as disponibilidades hídricas e

a dinâmica de fluxo para que se promova a regulação do uso e a adoção de medidas de proteção.

O papel do recurso subterrâneo no abastecimento é bastante expressivo, sendo utilizado como fração complementar ao atendimento das áreas urbanas e como principal fonte na zona rural. A ampliação do uso de forma sustentável encontra como obstáculos a falta de informações de disponibilidades hídricas ou de dados mais detalhados com relação ao grau de exploração.

As reservas e as características qualitativas da água subterrânea podem ser afetadas por intervenções no meio físico tais como: a extração da cobertura vegetal, ocupação desordenada do solo, lançamento de efluentes no solo ou nos rios, captação excessiva dos recursos hídricos e aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes.

É, portanto, fundamental que a implantação de programas de planejamento e gestão dos recursos hídricos seja feita de forma integrada, considerando a inter-relação entre a água subterrânea e superficial e os fatores intervenientes intrínsecos e extrínsecos ao meio.

2 - OBJETIVOS

Os objetivos foram: levantamento completo da situação atual dos poços tubulares profundos; caracterização física e química dos aquíferos; determinação da qualidade

da água em termos da vocação de uso e indícios de contaminação; estimativa da disponibilidade e expansão do uso da água.

3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

O município de Buritis compreende uma área de 5.238km² e localiza-se na Microrregião

Administrativa de Unaí, noroeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1).



Figura 1 - Mapa de localização e vias de acesso.

O acesso é feito pela BR-040, partindo-se de Belo Horizonte até à cidade de Paracatu, com percurso de 500km. Em seguida toma-

se a BR-251, percorrendo-se 100km até à cidade de Unaí e, a partir desta, 143km pela MG-400 até à sede do município.

4 - MÉTODOS EMPREGADOS

Na fase inicial de escritório foi feito o levantamento de todas as informações disponíveis e reunidas em uma planilha. As informações obtidas nessa etapa serviram para orientar o cadastramento de campo, ajudando na identificação dos poços.

O cadastramento, realizado em quatro etapas de campo, consistiu basicamente na localização de poços tubulares, onde foram obtidas as seguintes informações *in loco*: coordenadas do poço, profundidade, nível estático, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, número de famílias atendidas, uso da água, capacidade de reservação, equipamento de adução e recalque, material de revestimento, condições da captação e fontes potenciais de contaminação.

Foram feitas descrições de afloramentos, procurando caracterizar o tipo litológico e as superfícies de descontinuidades, tais como fraturas, juntas e falhas.

Os dados hidráulicos, construtivos e físico-químicos das fontes de abastecimento, quando não obtidos na etapa de campo, foram adquiridos junto às prefeituras ou aos proprietários.

Simultaneamente ao cadastramento, realizou-se a amostragem da água, em cerca de 10% dos poços cadastrados, visando caracterizar sua qualidade físico-química e bacteriológica.

Concluído o cadastramento, efetuou-se a atualização da tabela (Anexos 1 e 2) e em seguida, o tratamento estatístico do mesmo, visando estabelecer, para cada tipo aquífero,

os parâmetros hidráulicos e a caracterização físico-química.

É importante ressaltar que a impossibilidade de obtenção de dados completos para todos os pontos d'água cadastrados representou uma das grandes dificuldades enfrentadas durante o trabalho, o que de certa forma interferiu na caracterização dos aspectos hidráulicos, construtivos, químicos e de definição de sistemas aquíferos captados, de modo mais preciso e homogêneo para a área. Apenas 30 poços possuem perfil litológico, 67 apresentam dados de teste de bombeamento, 6 com intervalos de entrada d'água e 47 com dados construtivos (diâmetro, tipo e comprimento do revestimento).

Os fatores que contribuíram para esta situação são os seguintes:

- Falta de localização do proprietário ou desconhecimento do informante local quanto aos principais aspectos do poço e mesmo do ano e da empresa de perfuração. Vários proprietários rurais residem nas sedes municipais, ou em núcleos urbanos maiores como Belo Horizonte e Brasília.
- Ausência de informações detalhadas sobre poços antigos desativados ou abandonados, seja pela mudança de proprietário ou pela sucessão de várias administrações municipais que acabam por ocasionar perda dos dados.
- Proprietários e/ou prefeituras não mantêm os boletins de perfuração por desconhecerem sua importância.

- Algumas empresas de perfuração não seguem as normas técnicas estabelecidas pela ABNT. Os boletins não são entregues ao cliente, ou são bastante incompletos. Normalmente faltam informações referentes ao material usado na completação, descrição litológica detalhada do material interceptado, tempo de desenvolvimento, intervalos de entradas d'água, planilha de teste de bombeamento e relatório de diâmetro de perfuração.
- A solicitação de fornecimento de dados, feita a algumas empresas, não foi atendida.
- A falta de acompanhamento dos poços produtivos e a utilização de bombas submersas com sistema de acionamento automático, impediu a determinação da vazão de exploração e do regime de bombeamento. Estimativas foram feitas com base no número de famílias atendidas, de animais ou de área irrigada.

5 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A população residente é de 21.254 habitantes, segundo dados preliminares do Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais (INDI, 1999).

A principal atividade econômica, assim como dos demais municípios da região, é centrada no setor agropecuário. Em 1998, a arrecadação municipal foi de R\$1.983.363,00 (INDI, 1999).

A estrutura básica de transportes apresenta deficiências, contando com poucas rodovias

asfaltadas, grande parte das quais cascalhadas ou com revestimento apenas primário.

O município é servido pela MG-202 e MG-400.

A cidade conta com escolas de 1º e 2º graus, magistério de 1º grau, curso técnico em contabilidade, hospitais, posto de assistência médica, hotéis, serviços de comunicação (DDD e DDI, correios e telégrafos, caixa postal eletrônica-Embratel, emissora de rádio e jornal), e serviços de água e esgoto.

6 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Buritis situa-se no domínio da depressão Sanfranciscana e no domínio dos planaltos residuais do São Francisco. O relevo deste último é marcado por extensas superfícies tabulares em cotas elevadas, com seus rebordos festonados, distribuindo-se por toda a região em torno da depressão. Os planaltos situam-se em cotas variando em geral entre 1100m e 900m e são formas residuais da superfície Sul-americana de King, recoberta pelas formações Terciário-Quaternárias. Em nível mais baixo, situa-se a depressão Sanfranciscana, a superfície Velhas de King (1956), em cotas variando em torno de 650m, moldada em rochas do Grupo Bambuí.

A vegetação corresponde ao cerrado, caatinga, campos, pastos e áreas cultivadas, com latossolo vermelho amarelo distrófico álico-A e solos litólicos distróficos álicos-A. O latossolo corresponde a relevo plano e suaves ondulações, enquanto os litólicos a relevo forte ondulado.

Os principais rios são: Urucuia, ribeirão do Pinduca e São Vicente, afluentes do rio São Francisco.

O clima é tropical chuvoso, com precipitações anuais médias da ordem de 1300mm e temperatura média anual de 23°C.

7 - GEOLOGIA DO MUNICÍPIO

O Grupo Bambuí ocupa predominantemente a região do município. A leste, no limite municipal, na serra do Meio, ocorrem rochas do Grupo Paranoá. Sobreposto ao Bambuí, tem-se as coberturas Terciárias-Quaternárias, detríticas-lateríticas, detríticas e eluvionares em superfície de aplainamento (Figura 2).

O Grupo Paranoá, sotoposto ao Bambuí, é constituído por ortoquartzitos finos, pelitos, calcários, dolomitos, cherts e conglomerados. Aflora na serra do Meio em consequência da falha de São Domingos (Braun, 1970).

O Bambuí está representado no município por arcóseos e pelitos da Formação Três Marias e secundariamente por calcários do Subgrupo Paraopeba. Vários poços, localizados às margens do rio Urucuia, interceptaram calcário após atravessarem a seqüência aluvionar.

No topo das chapadas e chapadões representativos do aplainamento Sul-americano, ocorrem coberturas terciárias, detrito-lateríticas (Barbosa, 1970).

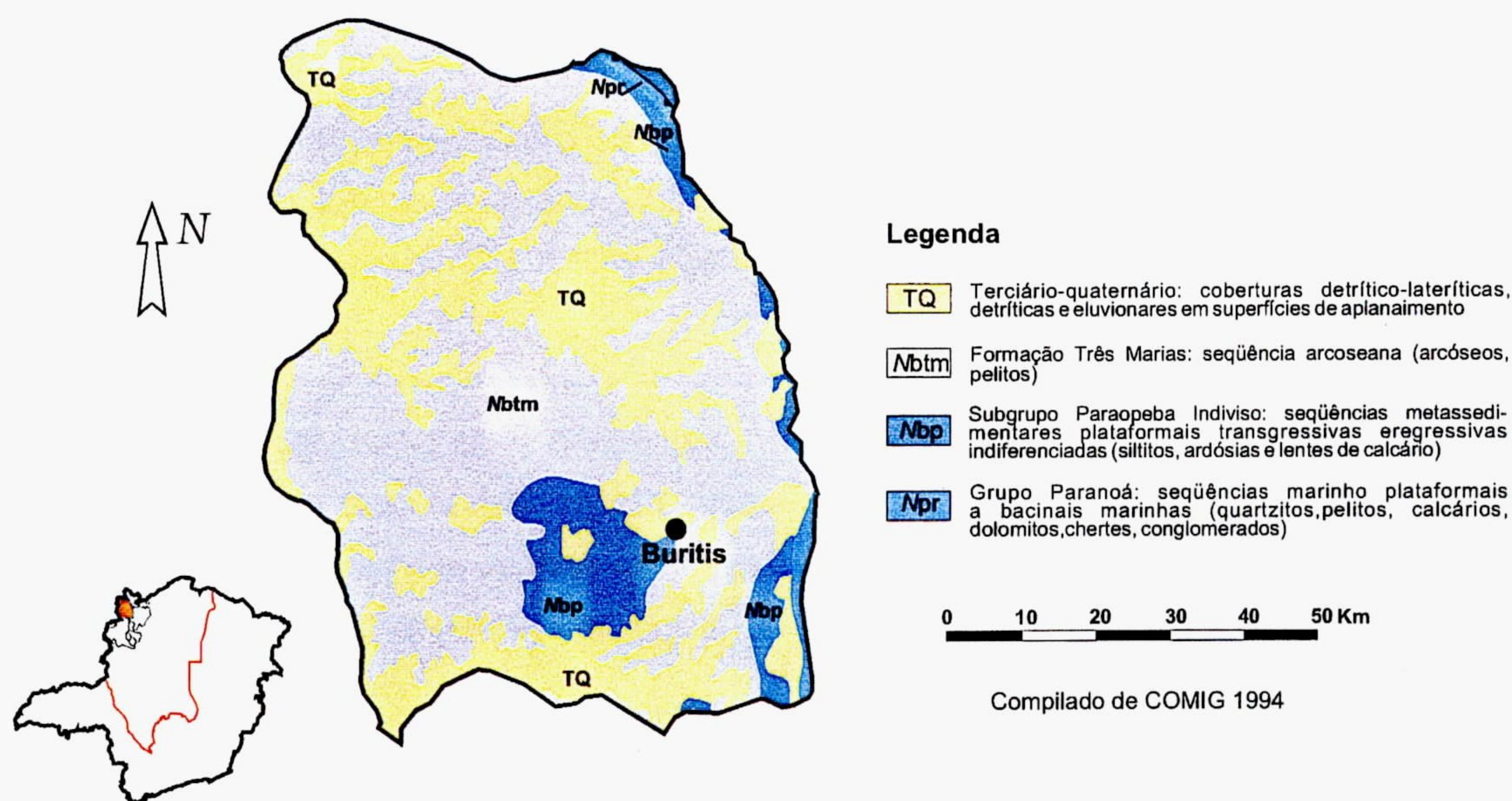


Figura 2 - Mapa geológico do município de Buritis.

8 - UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Na região distinguem-se três grandes sistemas hidrogeológicos: os aquíferos granulares, os fissurados e os aquíferos cársticos. Nos primeiros, a água ocorre preenchendo os poros da rocha e são representados pelas formações Terciário-Quaternárias (planaltos residuais do São Francisco) e pelos depósitos aluvionares recentes. Nos fissurados o armazenamento e fluxo se dão pelas aberturas originadas pelas fraturas ou diáclases. São constituídos pelos metassiltitos e ardósias do grupo Bambuí. No terceiro grupo a água ocorre ocupando cavidades de dimensões variáveis originadas da dissolução das rochas carbonáticas, a partir de superfícies de descontinuidade (fraturas, falhas etc.).

Foram levantados 112 poços, entre estes, 21 captam água do sistema cárstico, 10 do fissurado, 8 do granular e 1 do sistema misto (granular/fissurado). Os demais (72 poços) não puderam ser classificados, dada à falta de informações de natureza construtiva/litológica. Os aspectos locacionais, construtivos e hidráulicos mais relevantes foram reunidos em planilha apresentada no Anexo 1.

Os poços pertencentes ao sistema cárstico estão situados na depressão Sanfranciscana e nos calcários do Subgrupo Paraopeba. Quanto aos do sistema granular, a grande maioria está localizada nos planaltos residuais, principalmente junto à localidade de Serra Bonita. Os fissurados estão distribuídos aleatoriamente, nas folhas Buritis e Cabeceira, onde ocorrem os metapelitos.

8.1 - Aquíferos Cársticos

São aquíferos de rochas cuja permeabilidade depende, sobretudo, do grau de fraturamento e do desenvolvimento das cavidades e aberturas causadas pela dissolução dos carbonatos. As condições de recarga são mais efetivas em áreas onde há drenança a partir dos aquíferos granulares sobrepostos e em locais de aportes dos cursos d'água, em zonas preferenciais de recarga e circulação de águas subterrâneas, facilitadas pelas estruturas cársticas de dissolução.

Os poços tubulares pertencentes a este sistema foram determinados a partir dos valores de condutividade ($> 250\mu\text{S}/\text{cm}$), em vista da ausência de informações sobre os aspectos construtivos e geológicos. Foi possível classificar 21 poços dos 112 cadastrados. Eles foram perfurados em rochas calcárias encobertas pelos latossolos vermelho-amarelos ou pelos sedimentos aluvionares do rio Urucuia.

As principais direções de fraturamento são $\text{N}40^{\circ}\text{-}50^{\circ}\text{W}$ e $\text{N}40^{\circ}\text{-}50^{\circ}\text{E}$, com mergulhos variando entre 60° e 80° .

Os níveis estáticos são normalmente rasos. Do total de 15 poços, com nível estático conhecido, 50% apresentam valores inferiores a 20m. Quanto às vazões específicas estas mostram grande variação de um poço a outro, com valor mínimo de $0,16\text{L}/\text{s}/\text{m}$, máximo de $6,60\text{L}/\text{s}/\text{m}$ e médio de $2,09\text{L}/\text{s}/\text{m}$. Esta variação indica um elevado grau de anisotropia, com zonas pouco permeáveis de baixa capacidade de produção e zonas muito

permeáveis com altas produtividades, o que é característico de aquíferos cársticos.

8.2 - Aquíferos Fissurados

A identificação dos poços que captam água do aquífero fissurado baseou-se em aspectos físico-químicos, em especial nas concentrações de Na^+ e Ca^+ . Este fato deve-se à ausência de informações sobre os aspectos construtivos e geológicos. Desta forma, foi possível classificar, dentre os 112 poços cadastrados e 16 amostrados, 10 como pertencentes a este sistema.

Todos os poços estão localizados na superfície velhas, interceptando diretamente os pelitos do Grupo Bambuí ou inicialmente as coberturas detríticas aluvionares.

A reserva de água e a capacidade destas rochas de permitir circulação, depende da extensão, continuidade e interligação dos fraturamentos, bem como da dimensão das aberturas destas estruturas. As direções dos fraturamentos principais são: $\text{N}40^\circ\text{-}50^\circ\text{W}$ e $\text{N}40^\circ\text{-}50^\circ\text{E}$, com mergulhos variando entre 60° e 80° .

O nível estático médio da água é de 17,29m, calculado a partir de 7 valores obtidos em boletins de perfuração. A vazão média de teste, referente a 9 poços, é de $9,9\text{m}^3/\text{h}$ e a capacidade específica média igual a $1,13\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, relativa a 6 poços.

A alimentação destes aquíferos é feita nos pontos de coincidência ou interseção entre as drenagens e as fraturas, ou através de filtrações verticais ao longo do manto de alteração.

8.3 - Aquíferos Granulares

São aquíferos onde a água subterrânea preenche os poros ou interstícios da rocha, sendo representados pelos depósitos aluviais recentes do Quaternário, por coluviões e coberturas detríticas do Terciário-

Quaternário. Ocorrem nos planaltos residuais do São Francisco, ao longo dos extensos pediplanos e dos principais rios, especialmente o Urucuia. São classificados em depósitos não-consolidados, os quais envolvem os aquíferos aluviais, em depósitos de pedimentos Terciário-Quaternários e em depósitos clásticos consolidados.

8.3.1 - Aquíferos Aluviais

São constituídos por argilas, limos, areias e cascalhos, representando uma grande variação de composição granulométrica, característica destes depósitos. Tanto a espessura quanto a largura, também variam enormemente. Vários poços, de propriedade da COPASA, perfurados às margens do rio Urucuia, atravessaram até 30m de sedimentos.

As propriedades hidrodinâmicas estão intimamente relacionadas aos processos de formação destes depósitos. Este fato reflete-se na grande variação dos valores de porosidade, resultante das mudanças faciológicas, oscilando desde quase zero para as argilas até 0,50 para os cascalhos. Com base na composição granulométrica, pode-se admitir um valor médio para o coeficiente de transmissividade da ordem de $150\text{m}^2/\text{dia}$ ($1,7 \times 10^{-3}\text{m}^2/\text{s}$) e uma porosidade eficaz de 15% (CETEC, 1981).

Devido à topografia plana e rebaixada das planícies de inundação, os níveis estáticos são muito rasos. A alimentação destes aquíferos se faz diretamente pela infiltração das águas de chuva ou lateralmente, através dos cursos d'água. Os principais exutórios são a evapotranspiração e a rede de drenagem.

8.3.2 - Aquíferos de Depósitos Terciário-Quaternários

Quanto aos depósitos Terciário-Quaternários, eles ocorrem em toda a extensão dos planaltos residuais do São Francisco e,

assim como os depósitos aluvionares, apresentam grande variação granulométrica, indo desde areias de granulação fina a média, até areias argilosas (CETEC, 1981). Localmente a espessura destes sedimentos atinge 100m, segundo informações contidas nos boletins de perfuração. O contato inferior dessa unidade se dá com as rochas do Grupo Bambuí.

Aproximadamente 10% dos poços cadastrados captam água de formações Terciárias-Quaternárias, e tal como observado para os

depósitos aluvionares, exibem nível estático inferior a 25m.

A alimentação desses depósitos ocorre diretamente pela infiltração das águas de chuva, facilitada pela suave topografia. Nas áreas onde esses sedimentos estão em contato direto com os metapelitos do Bambuí, ocorrem as surgências - no contato entre estas duas litologias nas encostas das chapadas -, contribuindo para a alimentação da drenagem superficial encaixada no Grupo Bambuí. Além da evapotranspiração, as surgências são os principais exutórios.

9 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A qualidade da água é tão importante quanto o aspecto quantitativo. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para um determinado uso depende fundamentalmente de suas características físico-químicas e biológicas.

As características físico-químicas da água subterrânea dependem de fatores relativos ao próprio aquífero, tais como a composição mineralógica da rocha e as condições de circulação e armazenamento da água, mas também de fatores externos como o clima, a composição da água da chuva e atividades antrópicas.

Visando identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas e estabelecer suas relações com o meio físico, foram realizadas 14 análises, em amostras selecionadas de acordo com os seguintes critérios: avaliação da existência de risco potencial de contaminação, representatividade quanto aos aquíferos e localização das mesmas no município, de modo a permitir uma distribuição homogênea. Os poços públicos foram priorizados.

As amostras selecionadas foram analisadas pelo laboratório da SANEAR - Engenharia Sanitária, em termos de seus constituintes iônicos, bacteriológicos e de suas características físicas. Um grupo de 6 análises, cedidas pela COPASA, também foram utilizadas no estudo físico-químico. As planilhas contendo os principais dados químicos, físico-químicos e organolépticos são apresentadas no Anexo 2. No Anexo 3 são apresentadas descrições dos parâmetros analisados quanto aos limites permitidos de potabilidade, origem, inconveniente/toxicidade e formas de tratamento.

Os constituintes iônicos analisados foram os seguintes: cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+), potássio (K^+), Cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^-), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^-), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), ferro total ($\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3}$), fosfato (PO_4^{-3}), manganês total (Mn), fluoreto (F^-), alumínio total (Al), sílica (SiO_2), nitrogênio orgânico e amoniacal.

Quanto às propriedades físicas, determinou-se: turbidez, cor, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos (STD) e durezas de carbonatos e de não carbonatos. Durante o cadastramento de campo, foram feitas medidas *in loco* de condutividade elétrica, pH e temperatura nos 89 poços ativos que se encontravam em condições de amostragem.

Os dados analíticos da COPASA exibem somente as concentrações de cloreto, ferro e manganês, sendo que uma análise possui valores também de Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- e F^- . Em referência aos aspectos físicos, determinaram-se: a cor, turbidez, pH, alcalinidade e dureza total.

Dentre as quatorze amostras analisadas pela SANEAR, três correspondem ao aquífero cárstico, seis ao sistema fissurado, uma ao granular e quatro não foram classificadas. Para as seis análises da COPASA, uma refere-se ao aquífero fissurado, duas ao cárstico, uma ao misto e duas não foram identificadas dada à falta de informações.

De um modo geral todos os aquíferos do município apresentam águas bicarbonatadas, predominando o tipo cálcico para as águas do sistema cárstico, com proporções equivalentes de cálcio, magnésio e sódio. Para as águas do aquífero fissurado (ver Diagrama de Piper - Figura 3).

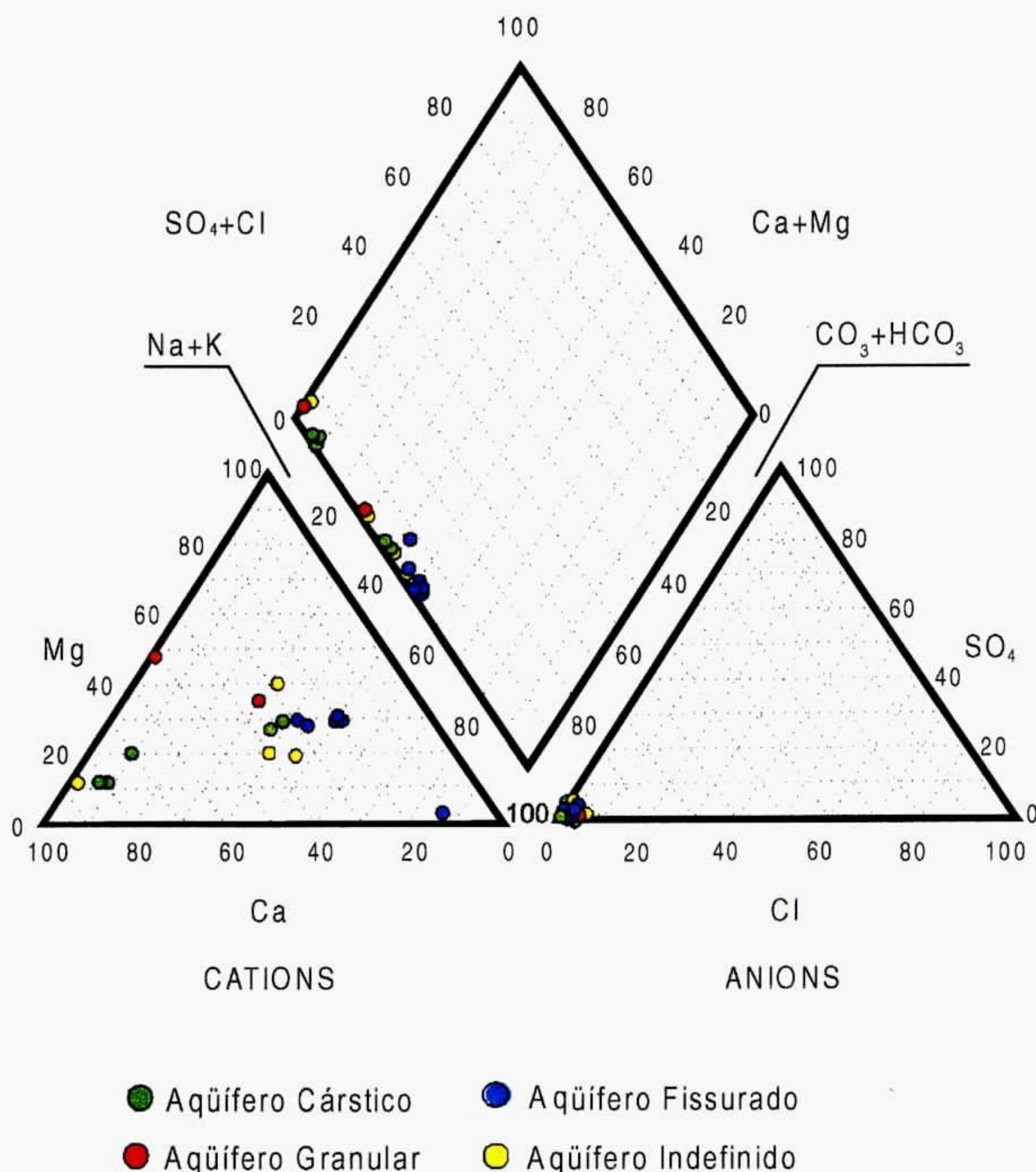


Figura 3 - Diagrama de Piper.

Um indicador relevante entre os aquíferos cársticos e fissurados é a proporção entre as concentrações de cálcio e sódio. No sistema cárstico a relação é de 8 para 1 e no fissurado de 3 para 1.

A condutividade - a medida da facilidade de uma água conduzir corrente elétrica - estando diretamente relacionada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons, apresenta valor médio da ordem de 387,72 μ S/cm para os aquíferos cársticos. No

sistema fissurado o valor é 157,40 μ S/cm e 18,84 μ S/cm para os granulares.

O pH também é um parâmetro caracterizador do sistema, revelando se uma água é ácida ou básica, para valores menores ou maiores que 7, respectivamente. Estes valores dependem, dentre outros fatores, da composição química das rochas. O valor médio encontrado para o sistema cárstico é de 7,43, enquanto que o pH para o aquífero fissurado é de 6,83 e para o granular de 5,57.

Sólidos totais dissolvidos (STD) equivalem ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume, sejam eles voláteis ou não. Nos aquíferos cársticos há de se esperar valores altos para o STD dada à facilidade de dissolução dos calcários. Para os sistemas fissurados os valores do STD vão variar de acordo com os tipos litológicos que as estruturas atravessam. Os aquíferos granulares tendem a apresentar valores baixos, em decorrência da natureza das partículas do sedimento e o tempo menor de residência da água. Valores médios para as águas subterrâneas do município são: para o cárstico, 239,36mg/L; para o fissurado, 98,61mg/L e para o granular, 40,70mg/L.

A dureza é definida como o poder de consumo de sabão por determinada área ou a capacidade da água de neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio, magnésio ou outros elementos como Fe, Mn, Cu, Ba, etc. A dureza é expressa em teores de carbonato de cálcio. À semelhança do STD, os valores

maiores podem ser atribuídos a rochas que apresentem maior propensão à dissolução. Assim, enquanto o sistema cárstico mostra valores da ordem de 156,11mg/L, o fissurado apresenta média de 29,37mg/L e o granular de 31,45mg/L. De acordo com as classificações existentes (Logan, 1965 e Custódio & Lhamas, 1983), apenas as águas do sistema cárstico são duras, sendo, pois, incrustantes e produzem grandes consumo de sabão, além de dificultar o cozimento dos alimentos e causar inconvenientes na distribuição, adução e reservação.

A capacidade de uma água neutralizar ácidos é medida em termos de alcalinidade, uma propriedade iônica dependente da presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos. As rochas calcárias apresentaram valores mais elevados que as demais unidades aquíferas. Os valores médios, calculados com base nas análises químicas, são os seguintes: cárstico, 172,50mg/L; fissurado, 66mg/L e o granular, 37mg/L.

10 - CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Por contaminação entende-se a introdução na água de elementos, compostos ou micro-organismos que possam prejudicar a saúde do homem, dos animais ou seu uso mais amplo. Neste caso, os teores das substâncias introduzidas ficam acima dos valores máximos permitidos pelos padrões de qualidade para consumo humano, industrial ou agrícola.

Os aquíferos mais propensos à contaminação correspondem aos sistemas granulares. Os fissurados são menos vulneráveis por se restringirem à interceção das estruturas com a superfície do terreno. Os aquíferos cársticos exibem grande vulnerabilidade nas regiões de afloramento, mas estas, por se tratarem de áreas serranas, não exibem atividade antrópica. As contaminações das águas subterrâneas podem ter diversas origens, sendo mais comum aquelas relacionadas com atividades industriais, domésticas e agrícolas.

A contaminação por atividades domésticas compreende toda sorte de introdução no aquífero, de compostos de natureza orgânica e biológica, originados de fossas sépticas, fossas negras, vazamentos de redes de esgoto e chorumes de aterros sanitários. Na zona rural, vários poços foram encontrados localizados à pequena distância de fossas, ou próximo a estas. A existência de contaminação por rompimentos da rede de esgoto e por fossas na sede municipal, apesar de não constatada, é de ocorrência possível. Em 73% das análises os resultados indicaram a presença de coliformes totais.

A agricultura contribui potencialmente para a introdução de diversos tipos de contaminantes

no sistema aquífero. As principais formas de contaminação são decorrentes de: 1) irrigação contínua, provocando a salinização do solo; 2) utilização de fertilizantes orgânicos (dejetos humanos e de animais) e inorgânicos (à base de nitratos, fosfatos e potássio); 3) emprego de agrotóxico (inseticidas, herbicidas, praguicidas, etc.); 4) aplicação de corretivo do solo.

Nenhuma das análises das amostras de água dos diversos poços amostrados, acusou valores de nitrato superiores a 5mg/L, indicando não haver contaminação por adubos nitrogenados e resíduos de animais. Vale ressaltar que a migração da água e o transporte de contaminantes desde a superfície do solo até as águas subterrâneas são um processo muito lento e complexo, podendo levar vários anos, ou décadas até que a contaminação seja identificada nas águas extraídas do aquífero. Amostragens para identificar traços de pesticidas/ herbicidas não foram realizadas.

A contaminação das águas subterrâneas, por derivados de petróleo, pode ocorrer pela operação incorreta ou falta de manutenção de compressores a diesel, resultando no extravasamento do óleo junto ao poço ou, ainda, através de vazamentos de tanques de armazenamento de combustíveis em postos de gasolina. Foram encontrados, especialmente na zona rural, vários compressores localizados muito próximos aos poços, com óleo derramado no solo ao seu redor. A presença de combustível foi detectada na água de um posto de gasolina situado na sede do município.

Os poços mal construídos e os abandonados, não lacrados, constituem importantes condutos para o fluxo vertical, direto e sem diluição, de poluentes que podem atingir zonas aquíferas relativamente protegidas da contaminação. As análises físico-químicas e bacteriológicas de poços em produção indicam a gravidade e extensão do problema construtivo (Figura 4). Os parâmetros que ocorrem com maior frequência, acima dos limites de potabilidade são: turbidez, ferro, manganês e coliformes totais. A má qualidade das águas reflete, em parte, a construção deficiente, seja por não apresentar selo sanitário e cimentação, seja pela má seleção ou falta de critério técnico na escolha da abertura dos filtros e da granulometria do pré-filtro, ou mesmo pela ausência de desenvolvimento. A intensificação

dos problemas, muitas vezes decorrente do uso prolongado, conduz ao abandono do poço.

Os poços abandonados, de maneira geral, não recebem o tratamento recomendado o qual consiste na selagem com material impermeável ou cimento. São encontrados em várias situações, tais como: com a bomba em seu interior; com tampa de madeira ou de metal (soldada ou não); com cobertura de plástico ou borracha; destampados; preenchidos com areia ou cascalho, e com evidências de solapamento das paredes laterais pela infiltração e percolação da água superficial ao longo do revestimento. Dessa maneira, servem de veículo para todo tipo de contaminante, desde resíduos tóxicos até animais mortos e dejetos.

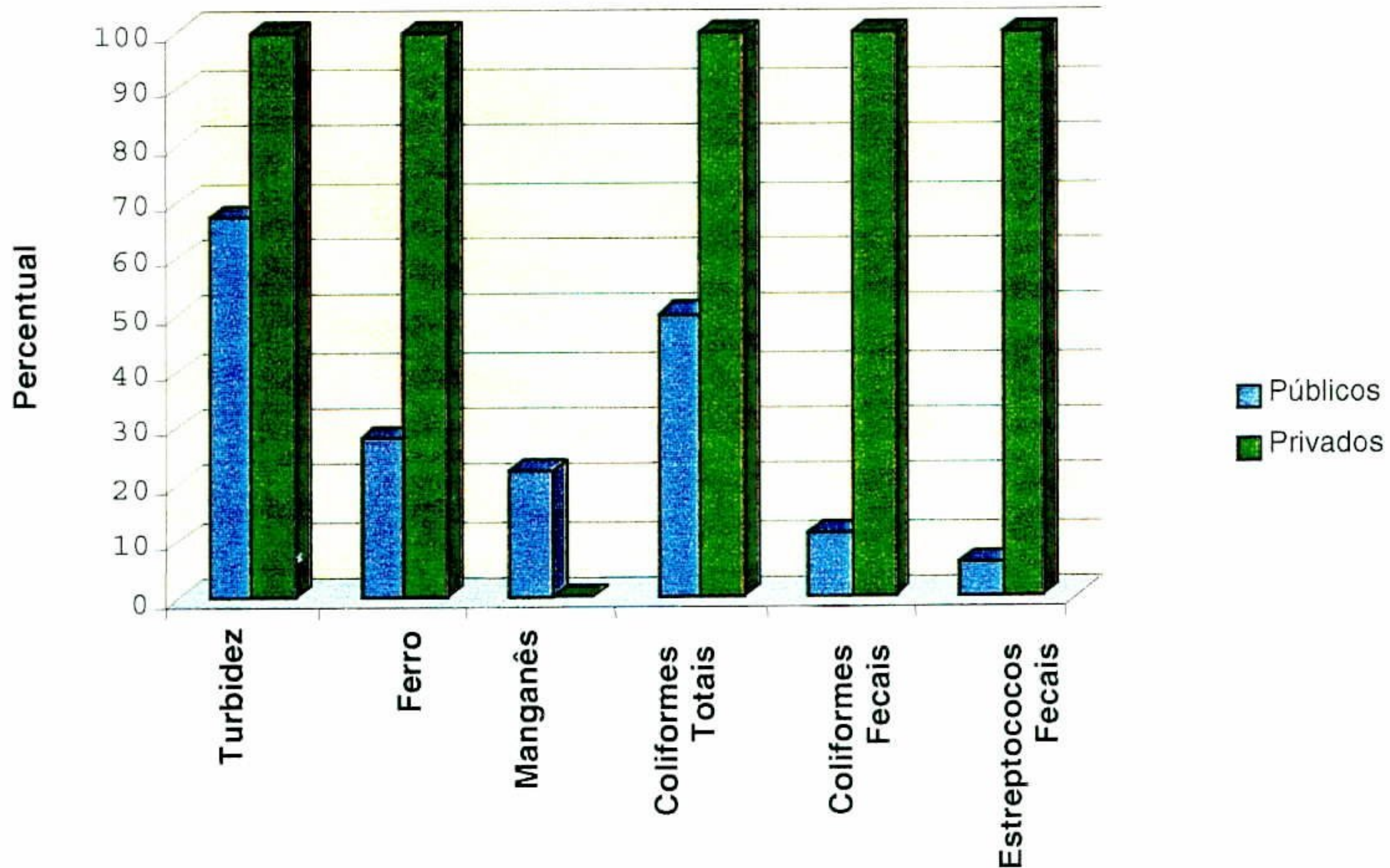


Figura 4 - Proporções dos parâmetros acima dos níveis de potabilidade.

11- USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea vem se destacando, nos últimos anos, como uma importante fonte alternativa de abastecimento. Conforme observado no levantamento de campo, a ampliação das áreas irrigadas com o uso de pivôs, juntamente com o barramento de nascentes que alimentam os cursos d'água, têm provocado redução nas vazões das drenagens, em especial naquelas de menor porte. Este fato reflete-se na intensificação das perfurações, de tal forma que, 52% dos poços cadastrados (58 poços), com indicação do ano de perfuração, foram construídos a partir de 1995.

Atualmente a água subterrânea exerce um papel significativo no abastecimento público, contribuindo como parcela complementar no atendimento às áreas urbanas e praticamente como único manancial nas zonas rurais. O aproveitamento da água subterrânea é feito basicamente através de poços tubulares, poços escavados e captação de nascentes. Regiões com maior potencial hidrogeológico, em especial aquelas inseridas no domínio de terrenos cársticos, têm no recurso subterrâneo, uma fonte potencial importante.

O aproveitamento dos aquíferos granulares é feito comumente através de poços escavados. No entanto, poços tubulares são também encontrados nas chapadas onde as espessuras das coberturas sedimentares são mais expressivas. Quanto aos aquíferos fissurados e cársticos, a única forma de captação consiste de poços tubulares. Na sua maioria, os poços atravessam o material de cobertura e a seqüência metapelítica, captando água exclusivamente do sistema cárstico sotoposto.

A aptidão para as diversas formas de uso (consumo humano, agrícola e industrial) da água subterrânea relaciona-se às características hidroquímicas. As diferenças nas concentrações de íons e nas propriedades físico-químicas demonstradas pelos sistemas aquíferos fazem com que estes apresentem vocações específicas.

Os padrões de qualidade da água variam de acordo com a finalidade. Os limites das concentrações químicas, orgânicas e inorgânicas, das características físicas e organolépticas, que podem ser tolerados nas águas de abastecimento, são estabelecidos pelo Ministério da Saúde, tomando por base os critérios adotados em nível nacional e internacional.

11.1 - Consumo Humano

A qualidade da água para o consumo humano é baseada na portaria número 36/1990 do Ministério da Saúde, que estabelece vários limites de potabilidade em relação aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos.

Além dos valores microbiológicos, os parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica (ferro total e manganês) também excederam os limites estabelecidos. Concentrações de ferro total acima do limite possibilita o desenvolvimento de ferro-bactérias, sabor desagradável, propriedade de manchar a roupa lavada e acúmulo de depósitos nas tubulações. Dentre as 17 análises, no que se refere à potabilidade, 6 apresentaram concentração de ferro total acima do limite (0,30mg/L), e 4 amostras

com concentração de manganês acima do limite (0,10mg/L).

Alto teor de ferro em água de poço tubular pode ser originado de minerais ferromagnesianos ou de cimentos em arenitos, como também relacionado à ocorrência de ferro-bactérias ou à corrosão do revestimento e/ou do filtro. A carência de ferro no organismo humano pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes. O manganês assemelha-se ao ferro tanto quimicamente quanto em termos de ocorrência nas águas subterrâneas.

Grande parte dos problemas de qualidade da água está relacionado a fatores construtivos, operacionais ou de localização da obra de captação com referência a focos contaminantes.

Concentrações de NO_3^- , NO_2^- , CO_3^- , K^+ , PO_4^{3-} , SO_4^- , Al e F^- são relativamente baixas em todas as amostras, considerando-se os limites para o consumo humano.

A cor da água pode evidenciar algum tipo de contaminação, estando associada, principalmente, às substâncias orgânicas dissolvidas na mesma. As 17 amostras apresentaram valores abaixo do limite de potabilidade (5,0Pt/L).

A turbidez representa a dificuldade da água em transmitir a luz, devido à contaminação por sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica, dentre outros). Dentre as 17 análises, 11 exibiram valores acima do limite de potabilidade (1UNT).

Exames bacteriológicos de 15 amostras constatou em 11 a presença de coliformes totais (≥ 2 NMP em 100mL), sendo que 7 estão acima de 10NMP/100mL. É importante ressaltar que a presença de coliformes em número inferior a 10NMP/100mL deve ser confirmada através de análises sucessivas. A portaria número 36/1990 fixa que em análises periódicas 95% das amostras

devem apresentar ausência de coliformes totais em 100mL, e nas 5% restantes serão tolerados até 10 coliformes totais em 100mL, desde que não ocorram em duas análises consecutivas.

11.2 - Uso Agrícola e na Pecuária

Os efeitos dos tipos de água sobre os vegetais levam em consideração não só sua composição físico-química, mas também as características da espécie vegetal (tolerância à salinidade, seu ciclo de vida, etc.) e do solo (permeabilidade, porosidade, textura, composição mineral, etc.).

Para avaliar o risco de sodificação do solo foi adotado o critério proposto pelo United States Salinity Laboratory - U.S.S.L. que se baseia na razão de adsorção de sódio (SAR) e na condutividade elétrica. A análise do diagrama elaborado para os tipos aquíferos (Figura 5) permite prever as suas aptidões para o cultivo.

Todas as amostras possuem baixa razão de sódio e condutividade elétrica média entre 100 e 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Em relação ao uso agrícola, isso significa que estas águas podem ser usadas na maioria dos solos, com pequena chance de se promover a redução da permeabilidade dos mesmos, o que tornaria a terra infértil e difícil de ser arada. O cultivo de plantas moderadamente tolerantes aos sais, pode ser feito, sem exigência de controle rígido.

Em relação à pecuária, verifica-se que não há restrição quanto ao uso da água na dessedentação animal. Segundo Logan, 1965 (*in* Feitosa & Filho, 1997), o gado deve consumir água com valor de sólidos totais dissolvidos menor ou igual a 2.500mg/L. De acordo com os dados obtidos, o valor máximo de STD encontrado é 445,0mg/L. Portanto, todas as águas analisadas são apropriadas para o uso animal.

A classificação da água quanto ao consumo animal, levando em consideração o resíduo seco, estabelece que, se a concentração estiver entre 7.800 a 9.375mg/L, a água é suportável pelo gado (Bateman apud Costa,

1979; *in* Feitosa e Filho, 1997). O valor máximo de resíduo seco encontrado nas águas estudadas é igual a 279,47mg/L, teor bem inferior aos limites acima sugeridos, o que torna seu uso apropriado para a dessedentação animal.

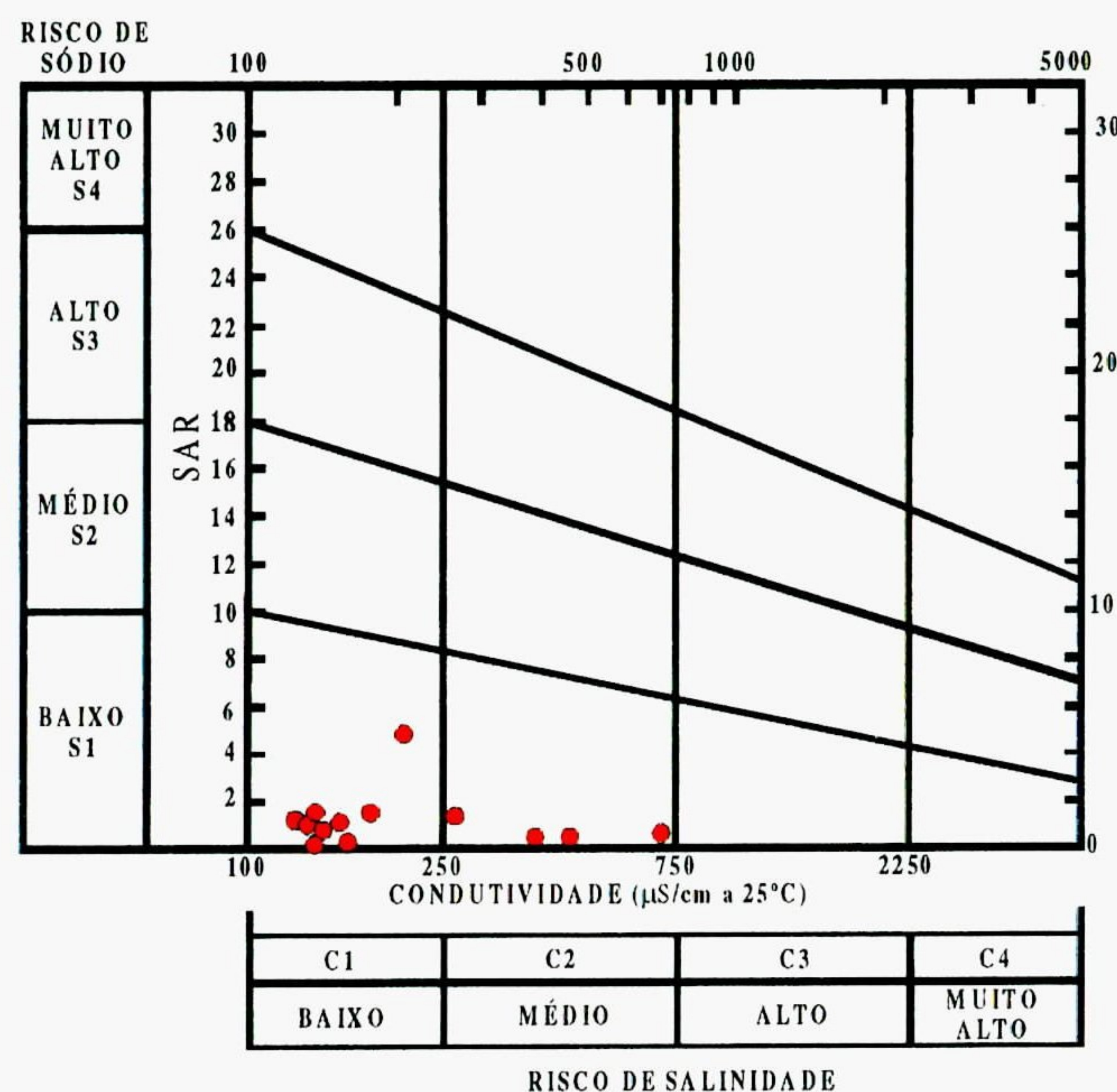


Figura 5 - Diagrama de Wilcox.

11.3 - Uso na Indústria

Os padrões de qualidade da água para o uso industrial são variáveis, devido à grande diversidade de indústrias. A capacidade de ataque químico pela água, é um parâmetro que afeta a maioria das indústrias. Assim sendo, procurou-se determinar a agressividade, a neutralidade ou a incrustabilidade da água, a partir das médias de pH *in loco*, da temperatura e da alcalinidade total, alcançando-se o índice de estabilidade de carbonato de cálcio.

Dessa forma, verificou-se, segundo a classificação de Custódio & Llamas, 1993 (*in* Feitosa & Filho, 1997), baseada nos valores do índice de estabilidade do carbonato de cálcio (índice de Rysnar), que todos os

aqüíferos apresentam águas agressivas, principalmente as do sistema granular. Portanto, há restrição quanto ao uso dessas águas na maioria das indústrias. Entretanto, a qualidade natural da água poderá ser modificada através de tratamento, mas isto às vezes significa aumento excessivo de custo para o empreendimento. A definição dependerá do estudo de viabilidade econômica.

Quanto aos padrões de dureza e alcalinidade, as águas do aqüífero cárstico, com base na análise de 5 poços, de acordo com os critérios de qualidade da água estabelecidos por Mathess, 1982; Szikszay, 1993 e Driscoll, 1986 (*in* Feitosa & Filho 1997), não se adequam aos requisitos exigidos para diversos tipos de indústrias, em decorrência

dos valores médios elevados de dureza (em torno de 156,0mg/L de CaCO₃) e alcalinidade (em torno de 172,0mg/L de CaCO₃).

As águas do aquífero fissurado são apropriadas para a refrigeração, para as indústrias de laticínios, de conservas alimentícias, açucareiras, cervejarias, curtume, indústria têxtil e de papel, por apresentar valor médio de dureza de 29,37mg/L de CaCO₃, baseado na análise de 6 poços, não sendo apropriadas apenas às indústrias de bebidas e suco de frutas (limite = 25,0mg/L de CaCO₃).

O emprego extensivo das águas dos aquíferos fissurado e cárstico requer a adoção de técnicas de abrandamento. Os aquíferos granulares exibem características hidroquímicas

que permitem seu uso generalizado em praticamente todas as atividades industriais, exceto quanto ao seu caráter agressivo, como exposto anteriormente.

Vale destacar que o ferro apresenta-se, para 6 poços (dentre 17 análises), acima dos limites industriais aceitáveis. É provável que estas concentrações decorram de problemas construtivos e operacionais, já que não é um elemento abundante nos aquíferos, em especial nos cársticos e fissurados. Portanto, espera-se que poços corretamente construídos apresentem valores menores, permitindo o uso industrial mais abrangente. Em relação à concentração de manganês, apenas 1 amostra está acima dos limites industriais aceitáveis.

12 - DIAGNÓSTICO ATUAL DA EXPLOTAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Foram cadastrados 112 poços tubulares profundos. Destes, 92 estão em atividade, 10 se encontram tamponados (faltando equipamentos), 4 são poços secos e 6 estão abandonados (poços desativados sem nenhum critério). A Figura 6 mostra a situação atual dos poços públicos e privados em termos de porcentagem.

Poços tamponados correspondem àqueles que se encontram fechados com tampa, necessitando de equipamentos, como compressor ou bomba, para serem colocados em produção. Os poços desativados referem-se aos que chegaram a produzir água durante um determinado período e por algum motivo tiveram sua produção paralisada, mas são passíveis de serem reativados. Um poço foi designado como abandonado, quando a sua paralisação ocorreu há algum tempo e seu estado físico atual é precário (ausência de tampa, revestimento danificado, entupimento, etc), impedindo sua reativação, a não ser que se proceda a avaliações e intervenções mais complexas. Poços secos são àqueles com vazão insuficiente para produção.

A maioria dos poços localizam-se na região da Depressão Sanfranciscana, abrangendo a sede do município e muitas propriedades rurais, onde se encontra a maior densidade populacional. Atualmente, um mínimo de 5.729 pessoas estão fazendo uso da água de poços tubulares profundos, sendo 5.207 abastecidas pelo setor público e 522 por sistemas particulares. O uso para a dessedentação animal é mais intenso no período de estiagem e abrange um número de 18.145 cabeças de gado. É importante ressaltar a imprecisão desses dados de utilização da água subterrânea considerando que em áreas urbanas, onde o sistema de abastecimento é misto, não se tem um número aproximado de pessoas que se utilizam exclusivamente da água subterrânea. Do mesmo modo, a informação do número de cabeças de gado é, muitas vezes, fornecida por proprietários e empregados com bastante desconfiança e cautela.

O aquífero cárstico é o mais explorado, contribuindo com 20 poços ativos e um desativado. O sistema fissurado apresenta 10 poços ativos e no domínio granular, encontram-se 9 poços ativos e 2 secos.

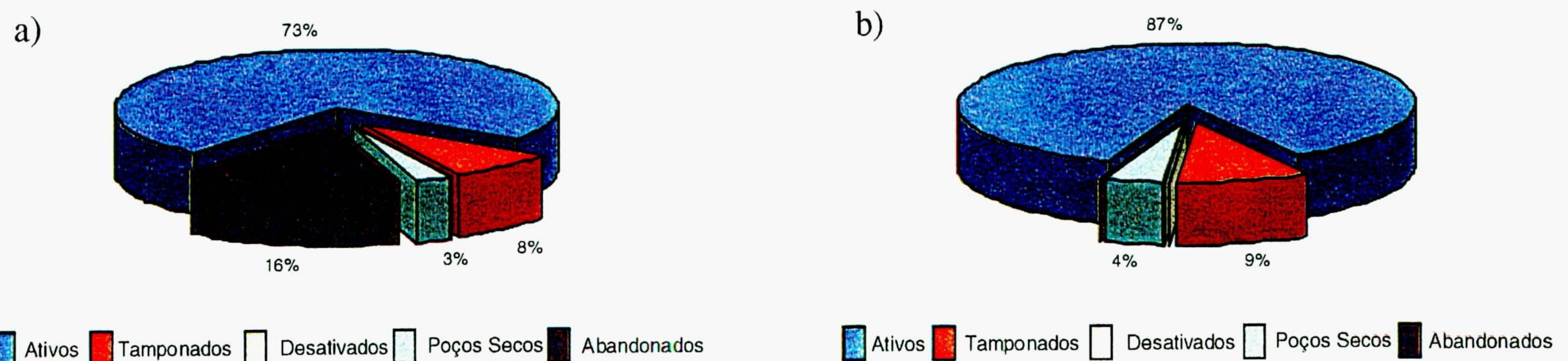


Figura 6 - Diagrama da situação atual dos poços do município de Buritis: a) Setor Público e b) Setor Privado.

Uma tentativa de estabelecer a estimativa da disponibilidade atual e a possibilidade de expansão do volume explotado de água, a partir da reativação de poços desativados e tamponados, é apresentada no Quadro 1.

Os setores público e privado, em conjunto, poderão aumentar a disponibilidade de água em até 17%, caso os poços desativados e tamponados sejam colocados em produção.

Quadro 1 - Estimativa da disponibilidade atual e da expansão do volume explotado.

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Atual			Estimativa da Expansão			
	Poços Ativos	Qm (m ³ /h)	Qm total (m ³ /h)	Poços Desativados e Tamponados	Qm (m ³ /h)	Qm total (m ³ /h)	Porcentagem de Aumento da Disponibilidade
Setor Público	28	13,55	379,4	9	13,55	121,95	32%
Setor Privado	64	13,55	867,2	7	13,55	94,85	11%
Total	92		1246,6	16		216,8	17%

Obs.: Qm = vazão média de teste para todos os tipos de aquíferos

Levando-se em consideração o abastecimento doméstico, urbano e dessedentação animal, tem-se que a demanda diária máxima de água captada por poços tubulares é de 249,77m³/h para 16 horas de bombeamento/dia. No entanto, enquanto a produção potencial dos 92 poços ativos,

considerando vazão média de 13,55m³/h, é equivalente a 1246,6m³/h (Quadro 1). Somando-se 1246,6m³/h aos 216,8m³/h relativos à disponibilidade potencial de poços desativados e tamponados, verifica-se que o volume captado poderá ser ampliado em aproximadamente 6 vezes.

13 - PRINCIPAIS QUESTÕES RELACIONADAS À OUTORGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

- É preciso ter consciência da importância da utilização racional e conservação qualitativa dos recursos hídricos para que situações de conflito de uso sejam evitadas.
- Princípios, normas e padrões inovadores de gestão dos recursos hídricos foram estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e pela Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecida em Minas Gerais pela Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Um dos principais instrumentos de gestão criados corresponde à outorga de direito de uso concedido pelo poder público (estadual ou federal), que representa o licenciamento obrigatório assegurando e regulamentando a utilização racional dos recursos hídricos. Nesse contexto, o princípio da gestão participativa e descentralizada representa um mecanismo de atuação democrática, na medida em que garante a participação dos usuários, da sociedade civil organizada, de ONGs e demais entidades nos processos decisórios das bacias hidrográficas, através dos comitês, considerados “os parlamentos das águas”.
- A utilização do sistema de outorga pelos respectivos órgãos gestores proporciona uma visualização das condições quantitativas e qualitativas da água já comprometida pelo uso, permitindo, assim, atuar de modo eficaz na gestão dos recursos hídricos, ajustando e equilibrando a disponibilidade, demanda e condições ambientais. Não deve ser entendido como um sistema punitivo, mas regulador.
- Antes de perfurar o poço, deve ser solicitada a autorização para perfuração. Após a perfuração, solicita-se a outorga de uso das águas. De acordo com o artigo 5º da lei estadual nº 13.199, as solicitações de outorga para uso das águas de domínio estadual, devem ser feitas ao IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas, considerando-se que as águas subterrâneas são de domínio dos estados. A concessão de outorgas é válida por um período máximo de 5 anos para direito privado, e de 20 anos para direito público. Já para as explorações consideradas insignificantes, são fornecidas certidões para o período de dois anos. Para a última modalidade, não são cobradas taxas relativas à solicitação de uso.
- A documentação requerida para solicitação da outorga de uso das águas subterrâneas é fornecida em disquetes ou em papel e consta dos seguintes documentos: carta de requerimento, formulários técnicos (água subterrânea, cadastro de poço tubular e cadastro da qualidade da água de poço tubular), relatório técnico e protocolo (atestado de entrega da documentação). A elaboração do relatório técnico e o preenchimento dos formulários deve estar

sob a responsabilidade de um geólogo, engenheiro de minas ou engenheiro-geólogo. Somente esses profissionais estão habilitados para o acompanhamento técnico de obras de captação de água subterrânea.

- A análise química é exigida somente quando o poço é destinado ao consumo humano, ou em situações de risco, onde se precisa analisar os potenciais para contaminação.
- O relatório técnico deve conter a caracterização geológica e hidrogeológica local e a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos. O grau de exigência do relatório para exploração de águas subterrâneas

depende da complexidade do sistema geológico e hidrogeológico, dos conflitos de uso e da vazão a ser explorada.

- Nem todos os pedidos de outorga são julgados pelo IGAM. Existem pedidos que devem ser aprovados pelos comitês de bacias e, na sua falta, pelo COPAM. De acordo com a deliberação normativa COPAM nº 37, de 08/10/99, ficam sujeitos a esta autorização os empreendimentos de grande porte ou com potencial poluidor, como por exemplo: captações em cabeceiras de bacias ou em unidades de preservação ambiental, rebaixamentos de lençol freático, etc.

14 - CONCLUSÕES

- A intensificação das perfurações, a partir de 1995 deve-se, em parte, ao aumento das áreas irrigadas, com o uso de pivôs-centrais. Muitas vezes, a reservação necessária foi obtida através do barramento de veredas, solução condenável pelos impactos negativos que promove.
- O aquífero cárstico, com 20 poços em produção, é o mais explorado porque atende à maior concentração populacional. Esse fato deve-se à sua capacidade de fornecimento de maiores volumes de água e à facilidade de captação a menores profundidades, uma vez que se encontra localizado na superfície Velhas.
- O sistema fissurado, com 10 poços ativos, é caracterizado como um sistema de baixo fornecimento de água, mas apropriado para o abastecimento de pequenas comunidades rurais.
- Os aquíferos granulares, com 8 poços em produção, representados por sedimentos Terciário-Quaternários, são pouco aproveitados dada à expressiva oferta de água superficial nos locais de ocorrência (chapadas).
- De um modo geral, todos os aquíferos do município apresentam águas bicarbonatadas, predominando o tipo cálcico para as águas do sistema cárstico, com proporções equivalentes de cálcio, magnésio e sódio.
- As principais fontes potenciais de contaminação dos poços tubulares na zona rural correspondem aos currais, granjas, pocilgas e fossas negras. Na área urbana, as fontes potenciais de contaminação são os lixões (doméstico e industrial) e possíveis vazamentos na rede de esgoto e de tanques de combustível. O uso de pesticidas nas áreas de cultura é especialmente preocupante em vista da toxicidade destes compostos e a dificuldade de remoção do solo e principalmente do aquífero, quando atingido.
- A qualidade da água subterrânea, determinada com base na análise físico-química de 14 poços, não indica, de modo geral, restrição para o uso agrícola ou da pecuária. No entanto, para uso industrial, recomenda-se uma avaliação técnica para averiguação da viabilidade econômica de adoção de técnicas de tratamento, já que essas águas exibiram caráter natural agressivo e em alguns casos, dureza elevada.
- É possível aumentar a disponibilidade de água subterrânea em até 17%, caso os poços desativados e tamponados sejam reativados.

15 - RECOMENDAÇÕES

- Para se evitar que os mananciais de água subterrânea sejam contaminados devem-se adotar as seguintes medidas de precaução (CETESB, 1987; DACACH, 1979 e LEVES et al., 1988):
 - Afastamento adequado dos possíveis focos de contaminação, observando-se as distâncias mínimas de:
 - Fossas secas, tanques sépticos, linhas de esgoto: 15m;
 - Poços absorventes, linhas de irrigação subsuperficial, estábulos e currais: 30m;
 - Fossas negras (solução condenada): 45m;
 - Depósitos de lixo e estrumeiras: 15m;
 - Localização do fundo das fossas secas e dos poços absorventes: 2 a 3m acima do lençol freático.
 - Localização das instalações de esgotamento sanitário, depósitos de lixos, currais e estábulos em cota mais baixa que a fonte ou poço.
 - Construção de valetas divisoras de águas de enxurrada.
 - Construção de cercados, a uma distância mínima de 30m da fonte ou poço, para impedir o acesso de animais.
 - Proteção da tomada de água de fonte por intermédio de caixas cobertas e fechadas. Manter os poços (cisternas) cobertos e com revestimento impermeável até cerca de 3 a 4m de profundidade, prolongando uns 30cm acima do solo.
 - Retirada da água por tubulação.
 - A fim de evitar entrada de águas externas (p.ex. no caso de ocorrer transbordamento de um curso d'água), o tubo de revestimento deve sobressair no mínimo 0,50m do terreno. Envolvendo totalmente essa porção saliente do tubo deve ser construída uma laje de concreto, fundida no local. A laje de proteção deve ter declividade do centro para a borda, espessura mínima de 0,15m e área não inferior a 1m².
 - Deve-se assegurar que foi feita a cimentação do poço tubular. A cimentação consiste em preencher com cimento o espaço anelar entre o tubo de revestimento e o orifício da perfuração e tem como objetivo evitar a infiltração vertical de água e contaminantes pela parte externa do poço, ou seja, através de percolação pelas paredes do tubo. A título de exemplo, para materiais não consolidados (saibro) com espessura igual ou superior a 10m, devem ser cimentados os 5m superiores.
 - O poço deve ser lacrado com chapa soldada, tampa rosqueável com cadeado ou válvula de segurança.
 - Quando, por qualquer motivo, um poço for desativado, este deve ser convenientemente selado a fim de evitar a contaminação de águas subterrâneas por substâncias indesejáveis ou no caso de poços jorrantes, evitar as perdas de água. Os materiais mais empregados

para selagem dos poços são: cimento, cascalho, areia e argila.

- Obras de captação de água subterrânea devem ser executadas por empresas de perfuração tecnicamente habilitadas e com registro no CREA. A empresa deverá seguir as normas técnicas para a construção de poços (NB-1290), com base no projeto construtivo (NB-588). Tais normas estabelecem o acompanhamento da obra por profissional de nível superior (geólogo ou engenheiro de minas), amostragem da água do poço para análise físico-química e bacteriológica, o fornecimento ao cliente

de relatório de perfuração contendo os dados construtivos, perfil litológico, planilha de teste de bombeamento, medidas dos níveis estático e dinâmico e vazão de teste.

- Considerando que a maior parte dos aportes de água subterrânea é proveniente dos aquíferos terciário-quadernários, através das fontes e surgências, e que os "Planaltos Residuais do São Francisco" constituem-se em grandes áreas agricultáveis, que sejam realizados estudos e monitoramento que possibilitem a prática de agricultura sem se constituir em fonte de contaminação.

16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPELO, C.J.A., POSTMA D. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Netherlands, A. A. Balkema Publishers. 1994. 250p.
- BARBOSA, O. *Projeto Goiânia*. Goiânia. DNPM, PROSPEC, 1970. 74p.
- CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Planoroeste: hidrogeologia subterrânea*. Belo Horizonte: CETEC, 1981. v.2.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. São Paulo, CETESB 1987.
- CHADHA, D. K. A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. *Hydrogeology Journal*, New Delhy, v. 7, n. 5, oct., 1999, p.431-439.
- COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. *Nota explicativa dos mapas geológicos, metalogenéticos e de ocorrências minerais do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, : COMIG 1994. 97p.
- CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M., R., *Hidrologia Subterrânea* Barcelona: Ômega, 1976. v.2.
- DACACH, N.G. *Saneamento básico*. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 1979.
- DOMENICO, P.A., SCHWARTZ, F.W. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Willey & Sons. 1990. 824p.
- FEITOSA, F.A. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM/UFPE - Laboratório de Hidrogeologia, 1997.412p.
- JULIÃO, J. Apostila da disciplina química sanitária e ambiental. Belo Horizonte. 1995. 124p. (Material exclusivo para treinamento não comercializado).
- LEVES, W.J., FOSTER, S., DRASAR, B.S. *Analisis de Contaminacion de las águas subterrâneas por sistemas de saneamento básico*. Lima, Peru. Centro Panamericano de Ingenieria Sanitária - Programa Regional de Prevencion e Control de la Contaminacion de Águas Subterrâneas, 1988. 102p.
- MESTRINHO, S.S.P. Apostila de curso de contaminação de aquíferos. Belo Horizonte.1996. 99p.(Material exclusivo para treinamento não comercializado).
- PATRUS, M. R.A. Estudo hidrológico e de qualidade de água. Belo Horizonte. IBAMA/CPRM, 1998. v.1. In: APA Carste de Lagoa Santa; Meio Físico.
- PINTO, M.C.F. Parâmetros de qualidade de água. Belo Horizonte. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2000. 9p. (Relatório Interno).

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARACATU (PLANPAR).
R3-Inventário de Recursos Hídricos, Tomo III - Hidrogeologia, Volume 1 - Texto e Anexos. Seapa-MG/Ruralminas, Consórcio Magna/Dam/ Eyser. Belo Horizonte. 1996.

PORTO, R.L., BRANCO, S.M., CLEARY, R.W., COIMBRA, R.M., EIGER, S., LUCA, S.J., NOGUEIRA, V.P.Q., PORTO, M.F.A. *Hidrologia ambiental*. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Editora da Universidade de São Paulo. 1991.v.3. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

SPERLING, M. von S. Apostila de ensino sobre qualidade de água. Belo Horizonte. 35p. (Material exclusivo para treinamento não comercializado).

VIANNA, M. R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento da água*. Belo Horizonte. Instituto de Engenharia Aplicada. 1992.

ANEXO 1

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

N° Ponto	Município	Localidade	Setor	Longitude	Latitude	Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Espec. (m ³ /h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
														Ph	CE (mmho/cm)	STD (mg/l)	Temp. (°C)
BUR-001	Buritís	Sede	Público	346543	8272359	20/05/81	61,00	0,00	17,92	27,68	1,54	Desativado	Indefinido				
BUR-002	Buritís	Sede	Público	346787	8272569	12/08/81	81,00	2,30	15,35	36,00	2,76	Ativo	Cárstico	7,00	141,40	98,98	26,50
BUR-003	Buritís	Sede	Público	346963	8272816	03/09/90	204,00	0,95	38,95	14,69	0,39	Desativado	Indefinido				
BUR-004	Buritís	Sede	Público	348172	8272887	06/07/81	72,00	11,15	30,12	23,98	1,26	Desativado	Cárstico				
BUR-005	Buritís	Sede	Público	347706	8272996	02/03/94	60,00	4,70	22,48	39,60	2,23	Desativado	Indefinido				
BUR-006	Buritís	Sede	Público	348008	8272902	13/08/75	80,00	8,64	20,40	29,99	2,55	Desativado	Granular				
BUR-007	Buritís	Sede	Público	347994	8272926	22/09/75	70,00	7,80	29,45	21,17	0,98	Desativado	Misto				
BUR-008	Buritís	Sede	Privado	347342	8271719		80,00					Ativo	Indefinido	7,00	138,50	96,95	25,30
BUR-009	Buritís	Sede	Privado	346476	8271281		53,00	12,00	22,00	3,60	0,36	Ativo	Indefinido	7,00	108,50	75,95	26,70
BUR-010	Buritís	Sede	Privado	347464	8271662	28/06/99	80,00	10,00	25,00	12,18	0,81	Ativo	Indefinido	7,00	293,00	205,10	29,50
BUR-011	Buritís	Sede	Privado	347220	8270764	07/11/87	100,00	14,00	40,00	8,00	0,31	Ativo	Fissurado	7,00	111,80	78,26	25,70
BUR-012	Buritís	Sede	Privado	347282	8270644	09/07/98	138,00	15,00	84,00	4,06	0,06	Ativo	Fissurado	7,00	141,50	99,05	25,80
BUR-013	Buritís	Sede	Privado	346604	8270916		99,00					Ativo	Indefinido	7,00	117,20	82,04	26,00
BUR-014	Buritís	CASEMG - Sede	Público	346609	8270755		90,00	5,78	47,40	7,27	0,17	Ativo	Indefinido	7,00	160,40	112,28	28,50
BUR-015	Buritís	Sede	Público	348086	8271451	01/09/99	50,00	13,00	30,00	10,50	0,62	Tamponado	Indefinido				
BUR-016	Buritís	Sede (Faz. Buritís)	Privado	347901	8271308		80,00	15,00	25,00	15,00	1,50	Ativo	Indefinido	7,00	141,80	99,26	25,20
BUR-017	Buritís	Sede (Garagem)	Público	348452	8271873	1968	50,00	10,00	25,00	15,00	1,00	Ativo	Indefinido				
BUR-018	Buritís	Sede - IEF	Privado	348572	8271882		100,00	15,00	30,00	13,20	0,88	Ativo	Indefinido	8,00	203,00	142,10	27,20
BUR-019	Buritís	Sede	Privado	347260	8272825		61,00					Ativo	Indefinido	7,00	271,00	189,70	25,60
BUR-020	Buritís	Sede	Privado	345400	8270420		80,00			10,00		Ativo	Indefinido	7,00	147,70	103,39	25,60
BUR-021	Buritís	Taboquinha (Sede)	Público	346260	8270940	08/12/96	72,00	9,00	19,00	19,80	1,98	Ativo	Indefinido	7,00	117,90	82,53	26,50
BUR-022	Buritís	Chácara Buritís	Privado	343724	8269980		80,00		24,00	6,00		Ativo	Indefinido	7,50	240,00	168,00	25,80
BUR-023	Buritís	Chácara Quero-Quero	Privado	342780	8269690		70,00	7,00	27,00	18,00	0,90	Ativo	Indefinido	7,00	229,00	160,30	25,40
BUR-024	Buritís	Fazenda Buritís	Privado	342298	8269851	24/08/98	89,00	18,00	37,00	9,00	0,47	Ativo	Indefinido	7,00	246,00	172,20	25,60
BUR-025	Buritís	Zona Rural	Público	341600	8270700							Ativo	Indefinido	7,00	226,00	158,20	25,40
BUR-026	Buritís	Pé da Serra	Privado	340490	8273358	28/05/98	80,00	7,00	12,00	16,50	3,30	Ativo	Fissurado		175,30	122,71	26,00
BUR-027	Buritís	Fazenda Conquista	Privado	339827	8270986	30/04/98	80,00	10,00	34,00	8,80	0,37	Ativo	Indefinido	7,00	211,00	147,70	26,30
BUR-028	Buritís	Associação dos Para Terra	Público	317230	8266717	27/01/99	72,00	20,00	20,00	11,32		Ativo	Fissurado	7,00	163,30	114,31	26,70
BUR-029	Buritís	Taquari	Público	320072	8269391	14/07/98	66,00	23,00	34,00	31,68	2,88	Ativo	Indefinido	7,00	185,70	129,99	27,50
BUR-030	Buritís	Vila Palmeira	Público	308941	8273335		90,00			3,00		Ativo	Fissurado	7,00	186,70	130,69	25,40
BUR-031	Buritís	Vila Cordeiros (Sede)	Público	308600	8266900	16/07/96	100,00	22,00	27,00	17,60	3,52	Ativo	Indefinido	8,00	262,00	183,40	24,60
BUR-032	Buritís	Vila Cordeiro II	Público	309650	8263140	13/02/99	72,00	16,00	34,00	17,60	0,98	Ativo	Granular	6,00	49,30	34,51	23,70
BUR-033	Buritís	Nova Atalala/Pé da Serra	Privado	336270	8267100	21/01/97	78,00	7,00	47,00	15,84	0,40	Ativo	Indefinido	7,00	155,60	108,92	24,60
BUR-034	Buritís	Pé da Serra	Público	335845	8264995	18/01/97	102,00	12,00	47,00	5,87	0,17	Tamponado	Indefinido				
BUR-035	Buritís	Fazenda Dois Irmãos	Privado	336520	8263950	01/07/99	144,00	25,00	44,00	12,30	0,65	Ativo	Indefinido				
BUR-036	Buritís	Fazenda Capuá	Privado	337353	8263848		117,00	8,00		4,50		Ativo	Cárstico	8,00	531,00	371,70	24,70

Valores em vermelho indicam dados calculados

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

N° Ponto	Município	Localidade	Setor	Longitude	Latitude	Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Espec. (m ³ /h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
														Ph	CE (mmho/cm)	STD (mg/l)	Temp. (°C)
BUR-037	Buritis	Fazenda Babilônia	Privado	334220	8264100	1994	60,00	8,00	12,00	8,00	2,00	Ativo	Cárstico	7,00	336,00	235,20	24,50
BUR-038	Buritis	Fazenda Marília	Privado	329000	8261817		102,00	26,00	40,00	6,00	0,43	Ativo	Cárstico	8,50	325,00	227,50	23,90
BUR-039	Buritis	Vila Serrana II	Público	330056	8254670	1994	105,00	10,00				Ativo	Indefinido				0,60
BUR-040	Buritis	Vila Serrana I	Público	330380	8254460	15/06/98	100,00	22,00	28,00	16,80	2,80	Ativo	Indefinido	7,00	142,90	100,03	22,40
BUR-041	Buritis	Fazenda Bacelar	Privado	329600	8267108	01/10/99	110,00	11,25	43,00	18,00	0,57	Tamponado	Indefinido				
BUR-042	Buritis	Camarinha	Privado	329487	8266518	1998	80,00	16,00	28,00	8,80	0,73	Tamponado	Indefinido	7,00	133,30	93,31	26,80
BUR-043	Buritis	Fazenda Camarinha	Privado	326807	8266770	1996	80,00	16,00	38,00	6,09	0,28	Ativo	Cárstico	7,00	359,00	251,30	25,90
BUR-044	Buritis	Pé da Serra/Camarinhas	Privado	325790	8266653	01/08/95	70,00	17,70	22,00	5,20	1,21	Ativo	Fissurado	7,00	268,00	187,60	25,80
BUR-045	Buritis	Fazenda Lamarrão	Privado	333953	8270940	21/07/98	96,00	11,00	46,00	6,00	0,17	Ativo	Indefinido	7,00	173,80	121,66	26,00
BUR-046	Buritis	Santa Marta	Privado	306737	8264842	11/01/97	102,00	17,00	41,00	1,89	0,08	Tamponado	Indefinido				
BUR-047	Buritis	Vila Cordeiro	Privado	306763	8264739	1997	102,00	4,80				Tamponado	Indefinido	7,00	273,00	191,10	24,80
BUR-048	Buritis	Fazenda Gado Bravo	Privado	308240	8262250	01/10/99						Tamponado	Indefinido				
BUR-049	Buritis	Fazenda Palmeiras	Privado	310036	8273123		90,00	24,00	28,00	12,00	3,00	Ativo	Cárstico	8,00	429,00	300,30	25,40
BUR-050	Buritis	Fazenda Palmeiras	Privado	305714	8276309	20/12/90	87,00	61,00	71,00	8,27	0,83	Ativo	Indefinido	7,00	205,00	143,50	25,00
BUR-051	Buritis	Fazenda Palmeiras	Privado	312883	8273880	1987	96,00	8,00	16,00	9,00	1,13	Ativo	Indefinido	6,00	117,50	82,25	24,70
BUR-052	Buritis	Fazenda Taquaril	Privado	320100	8271713		80,00			6,00		Ativo	Indefinido	7,00	180,90	126,63	25,90
BUR-053	Buritis	Fazenda Taquaril	Privado	319150	8264835	1999	90,00			7,00		Ativo	Indefinido			0,00	
BUR-054	Buritis	Fazenda Taquaril	Privado	318425	8273180		120,00			9,00		Ativo	Granular	6,50	15,78	11,05	26,10
BUR-055	Buritis	Fazenda Taquaril	Privado	319763	8271921		80,00			7,00		Ativo	Indefinido	6,00	78,70	55,09	26,90
BUR-056	Buritis	Vila Rosa	Público	315450	8277485	1986	120,00	30,00	59,00	4,80	0,17	Ativo	Fissurado	7,00	210,00	147,00	23,40
BUR-057	Buritis	Ass. Para Terra da Agrovila - Vila Rosa	Público	313520	8276983	05/02/99	96,00	19,00	46,00	6,09	0,23	Ativo	Indefinido	6,50	95,80	67,06	24,50
BUR-058	Buritis	Fazenda São Vicente	Público	319924	8276826	01/10/98	120,00			7,40		Ativo	Indefinido	6,50	125,50	87,85	25,00
BUR-059	Buritis	Fazenda Ema	Privado	333404	8275400	01/09/96	85,00	18,00	22,00	8,80	2,20	Ativo	Indefinido	7,00	131,50	92,05	25,20
BUR-060	Buritis	Fazenda Ema	Privado	331611	8277400	01/10/99	54,00	18,00	30,00	3,00	0,25	Ativo	Indefinido	7,50	284,00	198,80	27,00
BUR-061	Buritis	Fazenda Sobrado	Privado	340711	8275328	1987	103,00	5,00	8,00	25,00	8,33	Ativo	Indefinido	7,00	187,10	130,97	26,70
BUR-062	Buritis	Fazenda Barro Vermelho	Privado	334672	8279936	1997	80,00	20,00		7,00		Ativo	Indefinido	7,00	170,00	119,00	26,30

Valores em vermelho indicam dados calculados

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

N° Ponto	Município	Localidade	Setor	Longitude	Latitude	Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m3/h)	Vazão Espec. (m3/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
														Ph	CE (mmho/cm)	STD (mg/l)	Temp. (°C)
BUR-063	Buritís	Fazenda São Vicente	Privado	331840	8283610	1998	80,00			6,00		Ativo	Indefinido	6,50	100,20	70,14	26,20
BUR-064	Buritís	Vila São Vicente	Público	330503	8285848	1986	80,00					Ativo	Fissurado	6,00	84,50	59,15	26,80
BUR-065	Buritís	Boa Esperança	Público	324573	8283821	16/01/97	54,00	6,00	24,00	79,20	4,40	Ativo	Indefinido	7,00	266,00	186,20	25,50
BUR-066	Buritís	Fazenda Capoeira	Privado	329350	8287200		70,00	15,00	25,00	12,00	1,20	Ativo	Cárstico	7,50	304,00	212,80	25,60
BUR-067	Buritís	Fazenda Romana	Público	328276	8288014	22/01/97	54,00	7,00	24,00	66,00	3,88	Ativo	Indefinido	7,00	146,90	102,83	25,20
BUR-068	Buritís	Fazenda Boa Esperança	Privado	327270	8286270	1998	80,00	10,00	16,00	14,40	2,40	Ativo	Indefinido	7,00	232,00	162,40	26,40
BUR-069	Buritís	Mansão do Sossego	Privado	345500	8268840	01/07/98	80,00	10,00	22,00	7,00	0,58	Ativo	Indefinido	7,00	164,50	115,15	24,20
BUR-070	Buritís	Sede	Privado	344962	8268853		80,00	12,00	18,00	6,00	1,00	Ativo	Indefinido	7,00	164,90	115,43	24,20
BUR-071	Buritís	Fazenda Santa Cruz	Privado	345298	8267193	1992	61,00	10,00		4,00		Ativo	Indefinido	7,00	274,00	191,80	23,90
BUR-072	Buritís	Fazenda Pemabuco	Privado	353365	8275570	1977	80,00	12,00		20,00		Ativo	Indefinido	7,00	204,00	142,80	23,70
BUR-073	Buritís	Fazenda Cecília	Privado	362700	8280070		91,00	27,00	39,00	5,00	0,42	Ativo	Cárstico	7,00	347,00	242,90	25,40
BUR-074	Buritís	Vila Maravilha	Público	359415	8286953		100,00	17,36	27,98	18,23	1,72	Ativo	Fissurado	7,00	100,00	70,00	24,40
BUR-075	Buritís	Fazenda Guaira	Privado	361670	8286500	03/08/96	69,5	13,00	13,00	17,20		Ativo	Indefinido	7,00	243,00	170,10	24,40
BUR-076	Buritís	Fazenda Manganês	Privado	360916	8287112		70,00	12,00	25,00	15,00	1,15	Ativo	Indefinido	7,00	140,10	98,07	25,50
BUR-077	Buritís	Fazenda J.B.	Privado	358362	8294164		80,00	15,00	40,00	6,72	0,27	Ativo	Indefinido	7,00	140,60	98,42	25,80
BUR-078	Buritís	Fazenda H.B.	Privado	360440	8297290	1996	20,00	8,00	9,00	2,20	2,20	Ativo	Indefinido	8,00	287,00	200,90	25,70
BUR-079	Buritís	Fazenda A.B.C.	Privado	357540	8301470	1993	120,00			20,00		Ativo	Cárstico	7,00	331,00	231,70	26,50
BUR-080	Buritís	Vila São Pedro II	Público	357674	8303086	1996	100,00	28,00	30,00	11,31	5,66	Ativo	Cárstico	7,00	424,00	296,80	25,30
BUR-081	Buritís	Vila São Pedro III	Público	357625	8303472	10/01/97	72,00	34,00	46,00	79,20	6,60	Ativo	Cárstico	7,00	418,00	292,60	25,10
BUR-082	Buritís	Vila São Pedro I	Público	357886	8303646							Ativo	Cárstico	7,00	404,00	282,80	24,60
BUR-083	Buritís	Fazenda Leite Camargo	Privado	355633	8304100	1998	107,00	15,00	48,00	6,00	0,18	Ativo	Cárstico	7,00	336,00	235,20	26,30
BUR-084	Buritís	Fazenda Buritís	Privado	349375	8273217	20/12/94	56,00	7,80	9,80	8,50	4,25	Ativo	Indefinido	7,00	150,40	105,28	25,30
BUR-085	Buritís	Sede - PAV	Público	348535	8273219		50,00			18,00		Ativo	Fissurado	6,50	132,90	93,03	24,70
BUR-086	Buritís	Fazenda Pemabuco	Privado	352009	8276803	1996	90,00			11,00		Ativo	Indefinido	6,00	102,00	71,40	24,70
BUR-087	Buritís	Fazenda Talismã	Privado	352120	8310350	1996	90,00	1,00	9,00	50,00	6,25	Ativo	Cárstico	8,00	381,00	266,70	23,40
BUR-088	Buritís	Fazenda Cachoeira	Privado	344760	8319470	1999	60,00	8,00		3,50		Ativo	Cárstico	7,00	377,00	263,90	24,30
BUR-089	Buritís	Zoroastro	Público	334725	8331531	13/12/96	84,00	27,00	54,00	4,40	0,16	Ativo	Cárstico	8,00	722,00	505,40	25,70
BUR-090	Buritís	Barriguda - Lote 20	Público	358400	8261110	1998	93,00			9,00		Ativo	Cárstico	7,00	350,00	245,00	22,60
BUR-091	Buritís	Assentamento Vida Nova - Lote 16	Público	358361	8259840	24/11/98	144,00					Poço Seco	Indefinido				
BUR-092	Buritís	INCRA	Público	356761	8257878	1998	80,00	30,00		5,00		Ativo	Cárstico	8,00	417,00	291,90	22,80
BUR-093	Buritís	Barro Vermelho	Público	360815	8250355	1999	130,00	17,00	70,00	4,20	0,08	Ativo	Indefinido	6,00	150,10	105,07	21,90

Valores em vermelho indicam dados calculados

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

N° Ponto	Município	Localidade	Setor	Longitude	Latitude	Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Espec. (m ³ /h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
														Ph	CE (mmho/cm)	STD (mg/l)	Temp. (°C)
BUR-094	Buritis	Fazenda Barriguda	Privado	363502	8251150	1998	100,00	30,00	60,00	5,00	0,17	Ativo	Cárstico	7,50	425,00	297,50	22,30
BUR-095	Buritis	Associação Cupins	Público	335050	8311148	11/02/99	54,00	4,00	8,00	99,00	24,75	Tamponado	Indefinido				
BUR-096	Buritis	Copago	Privado	328032	8300215	1988	80,00					Ativo	Granular	5,00	5,92	4,14	24,30
BUR-097	Buritis	Copago	Privado	327792	8299716	12/12/96	72,00					Poço Seco	Indefinido				
BUR-098	Buritis	Serra Bonita	Público	305850	8316874	1995	50,00	5,00	8,00	10,00	3,33	Ativo	Granular	6,00	31,40	21,98	23,30
BUR-099	Buritis	Telles Pscherer	Privado	304850	8314663	1987	70,00					Ativo	Indefinido	7,00	77,00	53,90	25,10
BUR-100	Buritis	Fazenda Bela Vista	Privado	306350	8314136	1999	42,00					Ativo	Granular	5,00	5,76	4,03	24,76
BUR-101	Buritis	Fazenda Ponte Yputuá	Privado	306040	8313455	01/10/99	42,00	12,00		2,00		Ativo	Granular	5,00	4,35	3,05	23,20
BUR-102	Buritis	Ceval	Privado	317000	8311905	1998						Ativo	Indefinido				
BUR-103	Buritis	Ceval	Privado	317025	8311823	1989	68,00					Ativo	Granular	5,50	19,37	13,56	24,40
BUR-104	Buritis	Fazenda Santana (Sede)	Privado	349115	8274201							Ativo	Indefinido	7,00	195,10	136,57	26,60
BUR-105	Buritis	Agropecuária dos Reis	Privado	334666	8281623	04/12/99	96,00	16,00	21,00	14,12	2,82	Tamponado	Indefinido				
BUR-106	Buritis	Fazenda Cipó	Privado	341376	8269077		80,00	7,00	20,00	13,20	1,02	Ativo	Cárstico	8,00	397,00	277,90	26,80
BUR-107	Buritis	Fazenda São Sepé	Privado	343616	8294227	14/11/99	60,00	7,00	10,00	20,00	6,67	Ativo	Indefinido	7,00	169,20	118,44	23,20
BUR-108	Buritis	Fazenda Santana	Privado	350551	8273783	28/05/91	80,00	68,00	71,00	18,00	6,00	Ativo	Indefinido	7,50	202,00	141,40	25,40
BUR-109	Buritis	Assentamento Vida Nova	Privado	355000	8257300	09/02/99	102,00					Poço Seco	Indefinido				
BUR-110	Buritis	Assentamento Para Terra da Agrovila	Privado	314000	8277700	03/02/99	120,00					Poço Seco	Indefinido				
BUR-111	Buritis	Fazenda Taquari	Privado	317200	8271150		80,00			7,00		Tamponado	Indefinido				
BUR-112	Buritis	Atrás da Serra	Privado	250680	8271260	28/11/97	80,00	11,00	28,00	8,30	0,49	Ativo	Indefinido	7,50	156,80		24,40

Valores em vermelho indicam dados calculados

ANEXO 2

Características Organolépticas, Físico-Químicas, Químicas e Bacteriológicas

Nº Ponto	Município	Localidade	Data da Coleta	Cor (mg/Pt)	Turbidez (unt)	Sólidos Totais (mg/L)	Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Fe Total (mg/L)	Mn (mg/l)	Nítrico	Nitroso	F ⁻ (Mg/l)	Fosfato Total em P	Coliformes Totais(em 100ml)
BUR-01	Buritis	Sede	21/05/81	NIHIL	6,80	131,10	52,00	20,70	0,89	13,60	4,50	102,48		0,50	1,00	<0,10	0,15	0,22	<0,001	0,03		
BUR-02	Buritis	Sede	22/08/81	5,00	4,50	123,80	48,00	13,00	0,74	11,20	5,00	91,50		0,50	1,00	0,80	0,70	0,22	<0,001	0,04		
BUR-04	Buritis	Sede	20/08/81	NIHIL	1,50	152,50	52,00	15,00	0,89	11,20	6,00	102,48		1,00	0,50	<0,10	0,20	0,22	<0,001	0,10		
BUR-06	Buritis	Sede	21/08/75	5,00	3,00		52,00					70,76			1,50	0,10						
BUR-07	Buritis	Sede	25/09/75	2,50	1,80							67,10				0,10	0,03					
BUR-28	Buritis	Associação dos Para Terra	16/12/99	2,00	1,21	94,18	35,64	12,09	0,61	7,13	4,33	71,98	ND	1,89	1,80	0,68	<0,05	<0,05	<0,001	0,08	0,13	50,00
BUR-30	Buritis	Vila Palmeira	16/12/99	2,00	6,77	142,70	55,44	21,19	0,82	11,81	6,25	128,10	ND	1,56	<0,25	1,00	<0,05	<0,05	<0,001	0,12	0,08	30,00
BUR-31	Buritis	Vila Cordeiros (Sede)	16/12/99	<1,00	0,57	175,60	77,23	23,50	0,82	20,59	6,26	162,26	ND	1,67	0,77	<0,05	0,18	<0,05	<0,001	<0,05	<0,044	<2,00
BUR-40	Buritis	Vila Serrana I	13/12/99	1,00	0,81	99,40	61,39	0,27	<0,01	12,67	7,22	76,86	ND	1,98	<0,25	0,10	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	<0,01	2,00
BUR-56	Buritis	Vila Rosa	13/12/99	<1,00	0,48	136,90	15,84	45,50	0,65	4,75	0,96	114,07	16,00	1,80	<0,25	0,10	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	<0,01	
BUR-64	Buritis	Faz. São Vicente	16/12/99	<1,00	0,76	63,00	19,80	9,18	0,57	3,17	2,89	47,58	ND	<0,10	<0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	0,28	<2,00
BUR-74	Buritis	Vila Maravilha	15/12/99	<1,00	0,71	74,20	21,78	9,95	1,60	3,96	2,89	56,12	ND	0,46	<0,25	0,10	<0,05	<0,05	<0,001	0,30	0,29	30,00
BUR-80	Buritis	Vila São Pedro II	15/12/99	<1,00	6,22	267,70	194,06	5,73	1,08	67,32	6,26	248,88	ND	3,64	0,26	0,50	<0,05	<0,05	<0,001	0,07	0,029	2,00
BUR-85	Buritis	Sede - PAV	16/12/99	<1,00	3,36	80,70	27,72	13,00	0,57	4,75	3,85	65,27	ND	0,59	<0,25	0,21	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	0,07	80,00
BUR-89	Buritis	Zoroastro	14/12/99	<1,00	24,30	445,10	328,71	13,67	3,14	102,97	17,32	408,70	ND	27,41	0,51	2,41	0,06	<0,05	0,007	0,21	<0,001	30,00
BUR-90	Buritis	Barriguda - Lote 20	13/12/99	<1,00	1,03	207,70	158,42	6,01	1,01	54,65	5,29	200,69	ND	3,05	<0,25	0,19	<0,05	<0,05	<0,001	0,11	0,01	<2,00
BUR-93	Buritis	Barro Vermelho	13/12/99	<1,00	0,66	107,40	47,52	9,95	0,75	7,92	6,73	84,79	ND	0,75	<0,25	0,13	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	0,13	4,00
BUR-98	Buritis	Serra Bonita	15/12/99	2,00	1,82	40,70	10,89	1,88	0,53	2,18	1,32	19,52	ND	<0,10	<0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	0,07	0,06	2,00
BUR-107	Buritis	Faz. São Sepé	15/12/99	<1,00	50,00	185,10	93,07	0,31	0,21	32,48	2,89	115,90	ND	5,34	<0,25	0,75	<0,05	<0,05	<0,001	0,16	0,04	80,00

Valores em vermelho indicam dados calculados

ANEXO 3

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Temperatura		<ul style="list-style-type: none"> Consiste na medição da intensidade de calor. Medida em graus centígrados (°C). 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). origem antropogênica (intervenção humana): águas de torres de resfriamento, despejos industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Elevações nas temperaturas aumentam a taxa de reações químicas e biológicas podendo intensificar a corrosão, incrustação e a atividade bacteriológica. Elevações de temperatura aumentam a taxa de transferência de gases podendo gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis. 	
Turbidez	1 UT ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> É a dificuldade da penetração da luz nas águas. 	<ul style="list-style-type: none"> Partículas em suspensão (plânctons, bactérias, argilas, siltes) e partículas orgânicas e inorgânicas finamente divididas. 	<ul style="list-style-type: none"> Inconvenientes relacionados ao abastecimento urbano - aumento dos custos, comprometimento da desinfecção por cloro e dificuldade na filtração. Inconvenientes de natureza estética. 	<ul style="list-style-type: none"> Os materiais que causam turbidez são bastante variáveis, portanto é praticamente impossível estabelecer regras fixas para removê-la. Para valores baixos de turbidez (< 40UT e cor <20UH) pode-se utilizar filtros lentos de areia, precedidos ou não de decantação, conforme o caso. Para valores maiores recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).
pH - potencial hidrogeniônico	6,5 a 8,5	<ul style="list-style-type: none"> É a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H⁺) e (OH⁻). Apresenta variação entre 0 a 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com pH < 7,0 são consideradas ácidas, e com pH > 7,0, básicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos (provenientes do solo) dissolvidos. As maiores alterações no pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas. 	<ul style="list-style-type: none"> Águas com pH baixo são agressivas, podendo causar corrosão em tubulações e águas com pH elevado indicam possibilidade de incrustações nas tubulações. Alterações bruscas de pH (<5,0 ou >9,0) podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> O controle da corrosão e/ou incrustação relativa ao pH tem sido feito nas estações de tratamento brasileiras através da adição de cal ao final do processo.
Cor	5 UH*1	<ul style="list-style-type: none"> Resulta da presença de sólidos totais nas suas diversas frações. Os sólidos correspondem a todas as impurezas das águas com exceção de gases dissolvidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: decomposição de matéria orgânica, presença de íons metálicos (Ferro e Manganês), presença de plâncton. Origem antropogênica (atividade humana): componentes orgânicos e inorgânicos de origem industrial ou agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> Inconvenientes econômicos (uso industrial) e estéticos (abastecimento público). Inconvenientes sanitários quando decorrente de efluentes industriais. A cloração da água contendo matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos potencialmente cancerígenos. 	<ul style="list-style-type: none"> Da mesma forma que a turbidez, a cor advém de materiais variados. Pode-se utilizar filtros lentos de areia, precedidos ou não de decantação para valores baixos de cor (<20UH e turbidez < 40UT). Recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) para valores mais elevados.

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Condutividade Elétrica		<ul style="list-style-type: none"> É a capacidade da água transmitir corrente elétrica. Apresenta relação proporcional à concentração de substâncias iônicas dissolvidas. 	<ul style="list-style-type: none"> É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Grandes variações decorrem de lançamentos de despejos industriais e de mineração e esgotos domésticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Condutividade elétrica elevada pode estar relacionada a alterações de sabor e problemas de corrosão ou incrustação em tubulações e reservatórios. 	<ul style="list-style-type: none"> Dependendo da natureza das substâncias dissolvidas o tratamento deverá ser direcionado para remoção da dureza ou extração dos sólidos totais dissolvidos.
Dureza Total	500 mg/L CaCO ₃ ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> É caracterizada pela dificuldade de formação de espuma pelo uso de sabões. É dada pela concentração de cátions em solução, em especial o cálcio e o magnésio. Pode ser classificada como dureza de carbonato e dureza de não carbonato dependendo do ânion com a qual ele está associada. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex.: rochas calcárias). Grandes teores provêm de despejos de indústrias têxteis, químicas, lavanderias e curtumes. 	<ul style="list-style-type: none"> Inibe a formação de espuma Formação de incrustações nas tubulações e equipamentos Sabor desagradável 	<ul style="list-style-type: none"> A remoção da dureza pode ser feita pelos seguintes métodos: <ul style="list-style-type: none"> adição de cal e soda em quantidade precisamente calculada; utilização de substâncias (resinas sintéticas) que promovem a troca iônica extraindo o cálcio e o magnésio da água.
Na ⁺ (sódio) K ⁺ (potássio) Mg ⁺² (magnésio) Ca ⁺² (cálcio) HCO ₃ ⁻ (bicarbonato)		<ul style="list-style-type: none"> A quase totalidade dos íons dissolvidos nas águas é constituída por estes íons os quais são determinantes dos aspectos químicos das águas. Teores acima do padrão regional poderão indicar contaminação. 	<ul style="list-style-type: none"> Sódio: dissolução de rochas ricas em feldspato, rochas compostas por sais, efluentes urbanos e industriais. Potássio: dissolução de rochas ricas em feldspato e mica, efluentes industriais, minerários e agrícolas. Magnésio: dissolução de rochas ricas em minerais contendo Mg (dolomita, serpentina, piroxênio, anfibólio, olivina, mica). Cálcio: dissolução de rochas ricas em minerais contendo Ca (carbonato, gipso, feldspato, anfibólio). Bicarbonato: no CO₂ atmosférico e no CO₂ proveniente da decomposição da matéria orgânica no solo. 	<ul style="list-style-type: none"> Cálcio e magnésio: contribuem para a dureza da água e na produção de incrustações nas tubulações. Sódio: é prejudicial às plantas pois reduz a permeabilidade do solo dificultando a infiltração da água. Também cria problemas de espumas em caldeiras. 	<ul style="list-style-type: none"> Cálcio e magnésio: tratamento indicado para dureza (conferir abaixo). Sódio: tratamento indicado para sólidos dissolvidos (conferir abaixo).

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
SO ₄ ⁻²	400 mg/L ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> Substância aniônica moderada a altamente solúvel. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: atmosfera, dissolução de minerais que contêm o íon sulfato (gipso), oxidação de minerais que contêm enxofre na estrutura (sulfetos) presentes na rocha. Origem antropogênica: lançamento de esgotos e despejos industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Odor, sabor amargo. Corrosão nas tubulações. Efeito catártico (purgativo). 	<ul style="list-style-type: none"> Adição de cal e soda em quantidade precisamente calculada (abrandamento por cal). Tratamento com membrana semi-permeável (ver tratamento para sólidos totais dissolvidos).
Fósforo (Fosfato total em P)		<ul style="list-style-type: none"> O fósforo na água apresenta-se nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica. Origem antropogênica: despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. 	
CL ⁻ (Cloro)	250 mg/L ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> É um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e em efluentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de sais presentes na rocha, atmosfera e concentração no solo pela evapotranspiração (evaporação da água do solo e transpiração das plantas). Origem antropogênica: resíduo da indústria de álcool (vinhaça), fertilizantes inorgânicos, esgoto industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Gosto desagradável Complicações para a saúde em teores acima de 600mg/L. 	<ul style="list-style-type: none"> Para valores entre 250 e 600 exige-se coagulação, seguida ou não de decantação, filtração e desinfecção (Tratamento Convencional). Para valores acima de 600 além do tratamento convencional deve-se adotar métodos complementares. Alternativamente pode-se usar dessalinizadores para valores acima de 250mg/L.
Alumínio	0,2 mg/L ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> Condições físico-químicas particulares favorecem ou não a solubilidade deste íon. 	<ul style="list-style-type: none"> Alumínio é abundante nas rochas e minerais. O aumento de seu teor nas águas é decorrente do lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, resíduos industriais, de minerações e de produtos utilizados na agricultura. 	<ul style="list-style-type: none"> Não é considerado tóxico ou prejudicial à saúde, mas há interesse em se controlar a concentração nas águas de abastecimento público e industrial, para prevenir precipitações e sedimentações. 	

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
F ⁻ (Fluoretos)	<ul style="list-style-type: none"> As concentrações de fluoreto em água potável são estabelecidas considerando a quantidade de fluoretos ingerida diariamente, uma vez que a ingestão de água varia com a temperatura ambiente. Para temperaturas médias anuais entre 14,7° C e 32,6° C o limite mínimo para consumo é de 0,6mg/L (32,6° C) e o máximo de 1,5mg/L (14,7° C). 	<ul style="list-style-type: none"> São essenciais em águas para consumo humano em concentrações baixas (0,6 a 1,2mg/L) para prevenção de cáries infantis. Maiores concentrações são prejudiciais à saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> Sua presença em águas naturais não poluídas deve-se ao contato com rochas que contenham flúor, nesse caso seu teor raramente ultrapassa 1,0 mg/L. Maiores concentrações ocorrem devido ao lançamento de despejos de indústrias químicas, de vidro, de beneficiamento de minério, dentre outras. 	<ul style="list-style-type: none"> Concentrações altas, entre 8,0 e 20,0mg/L são prejudiciais à saúde por causar fluorose dental em crianças e fluorose endêmica cumulativa, com conseqüentes lesões esqueléticas em crianças e adultos. Doses excessivas são letais ao homem. 	<ul style="list-style-type: none"> Os intervalos de concentração de fluoreto para fins de tratamento devem ser analisados juntamente com o valores de coliformes, pH, cloretos, turbidez e cor. Para valores menores de 1,5mg/L apenas a desinfecção é suficiente. Para valores entre 1,5 e 3,0mg/L é exigida a filtração (filtros lentos de areia), precedida ou não de decantação. Para valores acima de 3,0mg/L recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).
Nitrogênio Orgânico	0,03mg/L ⁺³	<ul style="list-style-type: none"> É todo o nitrogênio presente em compostos orgânicos como proteínas, aminoácidos, aminos, amidos, nitro-derivados e outros. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: presente em matéria orgânica não decomposta. Origem antropogênica: lançamentos de esgotos domésticos e lançamentos de origem orgânica. 		<ul style="list-style-type: none"> Emprega-se a oxidação: compreende a aplicação de um oxidante na água, sendo convencional o emprego de cloro, da ozona e do permanganato de potássio.
Nitrogênio amoniacal	0,05mg/L ⁺³	<ul style="list-style-type: none"> Resultante da decomposição do nitrogênio orgânico pela ação de bactérias saprófitas (que se nutrem de restos de animais e plantas em decomposição). 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: decomposição de matéria orgânica. Origem antropogênica: indústria química (fibras sintéticas), fertilizantes, combustíveis, efluentes sanitários. 	<ul style="list-style-type: none"> Sua presença indica contaminação recente e perigosa, pois favorece a multiplicação de microorganismos. Concentrações acima de 2,5mg/L são tóxicas para algumas espécies de peixes de água doce. 	<ul style="list-style-type: none"> Aeração - introdução de ar na massa de água, pois o nitrogênio amoniacal é um composto altamente volátil. Pode-se adotar sistemas mais simples do tipo cascata, tabuleiro ou repuxo.
Sólidos Totais Dissolvidos	1000 ppm	<ul style="list-style-type: none"> Corresponde ao peso de todas substâncias dissolvidas na água, sejam estas voláteis ou não. 	<ul style="list-style-type: none"> Os sólidos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas pela água. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão em tubulações e reservatórios. Em águas utilizadas para irrigação, pode gerar problemas de salinização do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> São usados sistemas de separação por membranas. O sistema mais comum utiliza uma corrente de alimentação (a água salinizada) pressurizada fluindo paralelamente à superfície da membrana, deixando para trás as partículas rejeitadas que se juntam à parcela remanescente da corrente de alimentação. Existem, portanto duas correntes de saída: a solução que passou através da membrana (reduzida em até 95% dos sais dissolvidos) e a solução concentrada remanescente (rejeito). São chamados dessalinizadores.

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Sólidos Totais		<ul style="list-style-type: none"> Os Sólidos Totais correspondem à soma dos sólidos totais dissolvidos e os sólidos em suspensão. Os sólidos em suspensão são partículas insolúveis presentes na água. A determinação é feita filtrando-se uma amostra de água e determinando a quantidade de matéria retida no filtro utilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> Os sólidos em suspensão se dividem em duas classes: <ul style="list-style-type: none"> Sólidos não Sedimentáveis são as partículas que em repouso podem formar suspensões. São as chamadas suspensões coloidais. Sólidos Sedimentáveis são aqueles que se depositam no fundo de recipiente com a água em repouso, em determinado intervalo de tempo. A origem para os Sólidos Totais é a mesma estabelecida para os Sólidos Totais Dissolvidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Os mesmos relacionados aos sólidos totais dissolvidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos Totais Dissolvidos - tratamento descrito acima. Suspensões e Soluções coloidais - a remoção é feita através de processos químicos adicionando-se à água compostos designados como coagulantes e floculantes tais como: sulfato de alumínio, sulfato ferroso, sulfato férrico, cloreto férrico, aluminato de sódio. Sólidos em suspensão (sedimentáveis) - pode-se empregar filtros de areia, tanques de decantação em que a separação dos sólidos se faz pela ação da gravidade ou tanques desarenadores em que as partículas são decantadas a partir da diminuição da velocidade da água através de barreiras. Em casos em que a quantidade de sólidos totais é muito elevada (turbidez acima de 40UNT) é necessária a adoção de tratamento convencional: coagulação, seguida ou não de decantação, filtração e desinfecção.
Nitrato	10 mg/L * ²	<ul style="list-style-type: none"> O nitrato é um dos compostos que apresentam maiores problemas nas águas subterrâneas devido sua grande mobilidade, estabilidade em condições aeróbicas (com oxigênio) e risco para saúde humana. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de rochas, oxidação bacteriana de matéria orgânica, principalmente das eliminadas pelos animais e descargas elétricas. Origem antropogênica: fertilizantes, esgotos domésticos e efluentes orgânicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Acima de 40mg/L provoca cianoses em crianças. 	<ul style="list-style-type: none"> Coagulação seguida de filtração. Adição de cal. Tratamento com membranas semi-permeáveis - custo elevado. Processo de troca iônica com o uso de resinas sintéticas. Utilização de materiais adsorventes como carvão ativado.

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Nitrito	1mg/L * 2	<ul style="list-style-type: none"> Composto instável, produzido a partir da oxidação da amônia pela ação de bactérias. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: oxidação da amônia - indicativo de contaminação recente por redução bacteriana de nitratos. Origem antropogênica: contaminação por gasolina, uso de fertilizantes, lançamento de esgotos domésticos e efluentes orgânicos em processo de decomposição. 	<ul style="list-style-type: none"> Impotabiliza a água, pois sua presença indica poluição com possibilidade de existência de microorganismos patogênicos. Em meio ácido forma composto cancerígeno. 	<ul style="list-style-type: none"> Quantidades excessivas requerem tratamento complexo e com custo elevado, como a adsorção, no qual os compostos dissolvidos na água são transferidos para a superfície de um material adsorvente (carvão aditivado).
Fe Total (Ferro Total)	0,3mg/L*1	<ul style="list-style-type: none"> Pode ser encontrado nas formas di e trivalentes como solução, colóides, suspensão ou em complexos orgânicos e minerais. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de minerais (silicatos, siderita, hidróxidos e sulfetos), corrosão de metais (p.ex. tubos de revestimento de poço tubular). Origem antropogênica: lançamento de efluentes industriais, dreagem de minas ácidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilita o desenvolvimento de ferro-bactérias. Sabor desagradável. Propriedade de manchar a roupa lavada. Acúmulo de depósitos nas tubulações. Imprópria para uso industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Aeração - consiste na introdução de ar na massa de água levando à oxidação e precipitação do ferro. Pode-se adotar sistemas mais simples do tipo cascata, tabuleiro ou repuxo ou sistemas mais sofisticados como: coluna de aeração com enchimento (PCA) ou aeração difusa. Adição de cloro. Emprego de substâncias (resinas sintéticas) que promovam a extração do ferro através de troca catiônica.
Mn Total (Manganês Total)	0,1mg/L*1	<ul style="list-style-type: none"> Está presente em praticamente todos os solos, principalmente na forma de dióxido de manganês, solúvel sob condições anaeróbicas (sem oxigênio). 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de minerais contendo manganês. Origem antropogênica: mineração de manganês, lançamento de efluentes industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Formação de incrustações nas tubulações. Propicia o desenvolvimento de certas bactérias que formam depósitos insolúveis de sais de manganês. Sabor desagradável. Quando em quantidade excessiva pode afetar o sistema nervoso central. Tóxico para plantas em níveis altos. 	<ul style="list-style-type: none"> O manganês apresenta comportamento químico semelhante ao do ferro, portanto sua remoção pode ser feita também através da aeração (com elevação do pH para 9) ou adição de cal e soda (precedida de decantação e filtração) ou emprego de substâncias que promovam a extração do manganês através de troca catiônica.
SiO ₂ (Sílica)		<ul style="list-style-type: none"> Os silicatos dissolvem-se lentamente, se comparados a minerais de rochas ricas em sais e carbonatos e dessa forma, têm um efeito pouco pronunciado na química das águas. 	<ul style="list-style-type: none"> Dissolução de silicatos (minerais comuns nas rochas). 	<ul style="list-style-type: none"> Águas saturadas em sílica podem ocasionar a formação de duras incrustações, porém estas são bastante raras visto que as mudanças de temperatura, necessárias à precipitação da sílica, são muito pequenas no interior do poço. 	

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Ferro-bactérias		<ul style="list-style-type: none"> Bactérias não patogênicas (não causam doenças) que fazem parte da flora aquática. Têm a capacidade de aproveitar compostos de ferro em seu metabolismo. 	<ul style="list-style-type: none"> Para que haja a multiplicação das ferro-bactérias são necessárias as seguintes condições: águas relativamente frias - abaixo de 18,5° C; águas com elevado conteúdo em ferro - mais de 1ppm; águas pouco salinas - com resíduo seco menor de 1000ppm. 	<ul style="list-style-type: none"> A multiplicação intensa de ferro-bactérias pode transformar, em pouco tempo, a água límpida e incolor em água turva e avermelhada com desprendimento de mau cheiro e aparecimento de mau gosto. Dependendo do gênero da ferro-bactéria, pode haver corrosão da tubulação de ferro ou a formação de depósitos volumosos de compostos férricos nas paredes dos tubos ou filtros, reduzindo a produção dos poços. 	<ul style="list-style-type: none"> Alcalinização do poço com cal ou barrilha. Utilização de produtos comerciais como Wellclean. Utilização de polifosfatos juntamente com cloração. É aconselhável o monitoramento periódico dos poços tubulares para verificar a tendência de deterioração das condições ou para controle do processo de tratamento.
Coliformes totais e fecais	Até 10NMP ⁺¹	<ul style="list-style-type: none"> Os microorganismos do gênero coliforme constituem-se os melhores indicadores da possível presença nas águas de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente e, conseqüentemente, de organismos patogênicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Tanques (fossas) sépticos, linhas de esgoto, aterros sanitários. Lagoas de oxidação. Aplicação de águas residuárias (esgoto doméstico) na terra. 	<ul style="list-style-type: none"> A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas de saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto, de outros organismos presentes nas fezes transmissores de doenças como a febre tifóide e paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras. 	<ul style="list-style-type: none"> Para valores de colif. Totais até 50 e Fecais <2 a simples desinfecção é suficiente (cloro ou ozona). Para valores de colif. Totais até 5000 e Fecais até 1000 é necessária a filtração seguida de desinfecção. Para valores de colif. Totais de 10.000 e fecais até 2.000 é exigido tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção). Para valores de colif. Totais até 20.000 e fecais até 5.000 deve ser realizado tratamento especial. Para valores de colif. Totais acima de 20.000 e fecais acima de 5.000 o tratamento exige processos complexos e dispendiosos.
Estreptococos fecais		<ul style="list-style-type: none"> São microorganismos existentes em grande quantidade em fezes de animais e em menores quantidades em fezes humanas. A avaliação, associada à de coliformes fecais, pode indicar a origem fecal animal ou humana. 	<ul style="list-style-type: none"> Ocorrem em águas contaminadas com dejetos de origem fecal. 	<ul style="list-style-type: none"> São apenas indicadores da ocorrência de fezes de animais nas águas, não representando problemas por si só. 	<ul style="list-style-type: none"> As formas de tratamento empregadas para remoção de coliformes totais e fecais são eficazes também para estreptococos fecais.
Sulfetos		<ul style="list-style-type: none"> Relaciona-se ao íon SO₄⁻². 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: decomposição anaeróbica da matéria orgânica. Origem antrópica: despejos domésticos e industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Sob condições anaeróbicas, o íon sulfato é reduzido a íon sulfeto que, em equilíbrio com o íon Hidrogênio, forma o sulfeto de hidrogênio que provoca a corrosão de tubulações. 	

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Defensivos agrícolas (organoclorados)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aldrin e Dieldrin - 0.03^{*1} µg/L ▪ Clordano - 0.3^{*1} µg/L ▪ Heptacloroepóxido - 0.1^{*1} µg/L ▪ Heptacloro - 0.01^{*3} µg/L ▪ Eldrin - 0.2^{*1} µg/L ▪ DDT - 1.0^{*1} µg/L ▪ PCB's - 0.001^{*3} µg/L ▪ Toxafeno - 0.01^{*3} µg/L ▪ Endosulfan - 0.004^{*3} µg/L ▪ 2,4D - 100^{*1} µg/L ▪ 2,4,5 - TP - 10^{*3} µg/L ▪ 2,4,5-T - 2.0^{*3} µg/L ▪ Tetracloreto de Carbono - 3.0^{*1} mg/L ▪ Tetracloroeteno - 10^{*1} mg/L ▪ Hexaclorobenzeno - 0.1^{*1} mg/L ▪ Tricloroeteno - 30^{*1} mg/L ▪ Trihalometano - 100^{*1} mg/L ▪ 1,1 Dicloroetano - 0.3^{*1} mg/L ▪ 1,2 Dicloroeteno - 10^{*1} mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ São compostos orgânicos e inorgânicos, utilizados no controle e destruição de plantas e animais nocivos à sociedade ▪ Os defensivos agrícolas, os pesticidas dividem-se em: inseticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, nematocidas, rodenticidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origem antrópica: lixiviação de solos ou do escoamento superficial de áreas agrícolas. São também gerados pela indústria petroquímica, carvão, plástico, na fabricação de tintas, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muitos desses compostos são resistentes à biodegradação em meio líquido, outros são altamente bioacumuláveis nas cadeias tróficas superiores, e algumas centenas deles provocam mutações, carcinogenicidade e teratogenicidade. ▪ Os herbicidas utilizam dioxina na sua fabricação, causador de câncer. ▪ Os inseticidas fosforados e carbonatos atuam sobre o sistema nervoso, matando por asfixia. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A presença destes componentes em concentrações excessivas, conduz à necessidade de processos de tratamento com elevado custo e operação complexa envolvendo abrandamento, adsorção, aeração, oxidação, tratamento com membranas, troca iônica. ▪ Processos de remediação de contaminação de água subterrânea são extremamente dispendiosos e muitas vezes pouco eficazes. Incluem: remoção dos contaminantes do solo, tratamento dos contaminantes in situ, atenuação dos riscos através de medidas institucionais.
Óleos e Graxas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Benzeno - 10^{*1} mg/L ▪ Tolueno ▪ Etilbenzeno ▪ Para-xileno ▪ Meta-xileno ▪ Orto-xileno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ São substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, tais como ácidos graxos, ceras, óleos, gorduras, sabões e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origem natural: ocorrem raramente devido à decomposição de matéria orgânica. ▪ Origem antrópica: despejos domésticos e industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Podem ocasionar câncer em homens e animais além de uma série de outros problemas tais como distúrbios hepáticos, distúrbios cardio-vasculares, depressão do sistema nervoso, distúrbios psíquicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processos de tratamento e remediação semelhantes aos requeridos para os organoclorados.

Fontes: Appelo & Postma (1994), CETESB (1987), Custódio & Llamas (1976), Domenico & Schwartz (1990), Julião (1995), Mestrinho (1996), Patrus (1998), Pinto (2000), Porto et. al. (1991), Sperling (apostila de ensino), Vianna (1992).

*1 - Ministério da Saúde (portaria nº 36/90)

*2 - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA - resolução nº 20 - 18/06/86)

*3 - Departamento Nacional de Produção Mineral (Perfil analítico de Águas Minerais, boletim nº 49, v. 2)

Glossário

Aeração - Introdução de ar na massa de água objetivando a remoção de alguma substância, por oxidação ou volatilização.

Adsorção - Fixação das moléculas de uma substância (a água, no caso) na superfície de outra substância (a resina sintética).

Adsorvente - Substância (resina sintética) que fixa as moléculas da água.

Ânions - Átomos ou grupo de átomos com carga negativa (p.ex. Cl⁻-cloreto, F⁻-fluoreto).

Cátions - Átomos ou grupo de átomos com carga positiva (p.ex: Na⁺ -sódio, Ca⁺² -cálcio).

Coagulação - Operação na qual é realizada a desestabilização das partículas não sedimentáveis (em suspensão) presentes na água, permitindo que elas formem flocos possíveis de serem sedimentados ou filtrados.

Colóides - Substâncias que não se cristalizam (não se sedimentam) ou cristalizam-se muito dificilmente e difundem-se com lentidão extrema na água.

Complexos Orgânicos - Compostos contendo átomos de carbono.

Condução - Transmissão de calor através do solo ou rocha para a água.

Convecção - Processo de transmissão de calor através da água que é acompanhado por correntes que se formam em seu interior.

Decantação - Separação dos sólidos da água pela ação da gravidade.

Decomposição - Processo desencadeado pela água e variações térmicas que incidem sobre as rochas promovendo alterações nos minerais e no seu estado de rigidez (as rochas tornam-se mais moles, mais fáceis de escavar).

Dissolução - Efeito de fazer passar uma substância para a solução.

Efluentes - Flúidos resultantes de um processo industrial, minerário ou de esgotamento urbano.

Floculação - Formação de flocos, mediante adição de substância específica que permite a aglutinação de partículas não sedimentáveis.

Fluorose - Intoxicação crônica com flúor, defeito do esmalte dos dentes causado pela ingestão de quantidades excessivas de flúor junto com a água potável e que consiste em aparência baça, branca, com manchas pardas.

Fluorose endêmica cumulativa - Fluorose que ocorre constantemente em determinada região, sem grandes variações de incidência, mas cujos efeitos aumentam em intensidade por sucessivas adições de flúor ao organismo.

Forma Divalente - Forma do átomo (p.ex. Fe⁺²) que permite a efetuação de duas ligações químicas com outros átomos para formar moléculas.

Forma Trivalente - Forma do átomo (p.ex: Fe⁺³) que permite a efetuação de duas ligações químicas com outros átomos para formar moléculas.

Fossa Negra - é uma escavação que recebe excretas ou despejos, desprovida de revestimento interno impermeabilizante, cujo fundo atinge ou fica a menos de 1,5 m acima do lençol freático, em condições de poluir a água utilizada para consumo doméstico, oriunda de poços.

Fossa Seca - corresponde a uma escavação desprovida de revestimento interno impermeabilizante que recebe excretas ou despejos, com capacidade geralmente superior a 1000 litros e que se encontra a uma distância superior a 1,5 m do lenço freático.

Fossa Séptica - é uma caixa de passagem dos despejos domésticos que, após nela deixarem a maior parte da matérias suspensas, vão infiltrar-se no terreno ou descarregar num curso d'água, neste caso após passar por um leito de areia adequadamente preparado.

Incrustação - Depósito de matéria sólida, inicialmente dissolvida na água, sobre qualquer superfície.

Íon - Átomo ou agrupamento de átomos com excesso ou falta de carga negativa (Ex: Na⁺, Fe⁺², SO₄⁻²).

Lixiviação - Separação de certas substâncias por lavagem.

Membrana semi-permeável - Membrana através da qual é possível ocorrer a passagem da água, mas não das substâncias dissolvidas.

Metabolismo - Conjunto de mecanismos químicos necessários ao organismo para a formação, desenvolvimento e renovação das estruturas celulares.

Oxidação - Combinação de íon ou molécula com o oxigênio.

Oxidante - Substância que produz a combinação das moléculas com o oxigênio.

Patogênico - Capaz de produzir doenças.

Plâncton - Comunidade de pequenos animais e vegetais que vivem em suspensão nas águas.

Poço Absorvente - é semelhante à fossa seca no entanto, a escavação não se encontra imediatamente abaixo do piso da construção (casinha ou abrigo), mas situada em posição lateral. Conecta-se à abertura para a passagem das excretas através de tubulação. Normalmente empregado quando utiliza-se para a limpeza anal, de uma descarga manual de água.

Precipitação - Formação de substância sólida a partir de uma solução líquida.

Radiação - Processo físico de emissão e propagação de calor (ex: radiação solar).

Resina Sintética - Produtos elaborados artificialmente por síntese química, que se cristaliza rapidamente assumindo aspecto vítreo. Possuem a superfície carregada eletricamente.

Soda - soda cáustica.

Suspensão - diz-se de partículas que estão imersas em uma fase líquida (água).

Troca catiônica, Troca Iônica - Substituição do íon dissolvido na água por outro da superfície eletricamente carregada da água.

Voláteis - Substâncias que podem ser reduzidos a gás ou vapor.