

CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE UMA FONTE DO SISTEMA AQUÍFERO SÃO LOURENÇO COM A APLICAÇÃO DE SONDAS MULTIPARÂMETROS

Gilze Belém Chaves Borges¹ & Marcelo Ribeiro Barison²

Resumo – No Brasil, a exploração das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas. Conhecer a disponibilidade e a qualidade dos sistemas aquíferos é primordial para o estabelecimento de uma política de gestão que garanta a qualidade, mineralização e vulnerabilidade das águas subterrâneas. A área escolhida deste artigo é a cidade de São Lourenço, em Minas Gerais, conhecida como uma das regiões mais ricas em ocorrência de águas minerais gaseificadas naturalmente e com distintas ações terapêuticas. O conhecimento da hidroquímica e da geologia da região representam importante ferramenta para caracterizar o sistema aquífero responsável pela variedade de conteúdo de minerais encontrados nestas águas naturais. O monitoramento contínuo da qualidade das águas minerais, além do conhecimento científico da área é que pode garantir a sustentabilidade deste recurso natural.

Abstract - In Brazil, the exploration of the underground waters has grown up in last few years. To know the availability and quality of the aquifers systems is very important for the establishment of a politics management to guaranty the quality of these waters, the kind of their chemical composition, the elimination of possible risks of contamination and vulnerability. The area chosen for this report is São Lourenço city, in Minas Gerais state, known as one of the most complete area where occurrences of mineral waters gasified naturally and with distinct therapeutical actions happen. The knowledge of the hydrogeochemical and the geology of the region represents important tool to characterize the aquifer system responsible by the variety of the mineral contents found in this natural waters. A continuous monitoring of the quality of the mineral waters, beyond the scientific knowledge of the area is that can guarantee the sustainability of this natural resource.

Palavras Chave – água subterrânea, água mineral, hidrogeoquímica, análises químicas.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG – Campus VIII, Varginha, MG. Avenida Presidente Antônio Carlos, 356, Centro; 37002-000. gilzeborges@varginha.cefetmg.br.

1- INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, as atividades de pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos relacionados a recursos hídricos, principalmente em relação às águas subterrâneas, possuem dificuldades de atualização de banco de dados contendo informações sobre parâmetros de qualidade, bem como dos poços de extração. Programas de monitoramento providenciariam estes dados com exatidão e necessário conhecimento, uma vez que compreendem três elementos essenciais: continuidade, organização com teste sistemático e objetivo.

Um programa de monitoramento de águas subterrâneas tem importância ímpar dentro do novo conceito de preservação e conservação dos recursos naturais, pois se torna uma ferramenta para gerenciamento da qualidade, identificação de poluição e vulnerabilidade, além da previsão de fatos que venham a prejudicar aquíferos de forma irremediável.

No estado de Minas Gerais, a Microrregião do Circuito das Águas apresenta como principal atividade econômica a exploração das fontes hidrominerais e do turismo. As águas minerais dessa região, são águas gaseificadas naturalmente ou seja carbogasosas, carbonatadas, alcalinas, ferruginosas, magnesianas, ferruginosas, sulfurosas e com ações terapêuticas distintas, o que as tornam especiais. A cidade de São Lourenço, localizada no Circuito, se desenvolveu e tem sua economia alicerçada nas suas fontes de águas minerais, mas nos últimos anos está enfrentando uma crise decorrente da perda da cultura da Crenoterapia, a terapia de cura através das águas minerais pelas novas gerações, bem como uma desconfiança da mudança no sabor das águas nas fontes, de uma possível desmineralização, de uma exploração não sustentável ou até mesmo pela possível contaminação proveniente de ações antrópicas.

A cidade de São Lourenço, região do Circuito das Águas de Minas Gerais, apresenta um sistema aquífero muito especial, no tocante à geologia, hidrogeologia e hidroquímica. É uma região com diversificação de águas minerais, que por sua composição, tem ações terapêuticas reconhecidas internacionalmente.

As preocupações com a questão ambiental e a preservação das águas minerais existentes, afloram no seio das comunidades, um sentimento da necessidade de ações conjuntas de proteção destes aquíferos. Cientificamente, para proteger é preciso conhecer a geologia, hidrogeologia e é através de um monitoramento quali-quantitativo destas águas, que serão formados históricos de

² Universidade Federal de Itajubá; IRN; Av. BPS 1303, Pinheirinho; Itajubá-MG; 37500-903.
marbarison@yahoo.com.br.

dados capazes de subsidiar programas de gestão responsável adequados ao aproveitamento sustentável deste recurso natural.

2- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A metodologia proposta foi aplicada à cidade de São Lourenço, que comporta uma das mais completas e complexas estâncias hidrominerais do País, que faz parte do Circuito das Águas do Sul de Minas Gerais, onde se encontram ocorrências de águas minerais gaseificadas naturalmente e com ações terapêuticas bem distintas. Tendo em vista a necessidade de elaboração de um planejamento envolvendo monitoramento qualitativo para uma gestão sustentável de seus recursos minerais e hídricos, objetivando assegurar a qualidade, limites de exploração sustentáveis além da avaliação de contaminação e vulnerabilidade frente aos fatores antrópicos.

A região assume particular importância pela situação geográfica em que se encontra. Abrange na porção ocidental o Circuito das Águas, os setores mais densamente povoados, com maiores equipamentos urbanos, e cidades que se comportam como pólos comerciais e turísticos, com destaque para o papel minero-econômico desempenhado pelas águas minerais.

A cidade, onde se encontram ocorrências de águas minerais gaseificadas naturalmente e com ações terapêuticas bem distintas, situa-se no sul de Minas Gerais, ao pé da Serra da Mantiqueira, com 873 metros de altitude, com sua posição determinada pelas coordenadas geográficas de 22° 06' 59" de latitude sul e 45° 03' 16" de longitude oeste (IGA, 2000). Dista de 518 km de Belo Horizonte, a capital do estado, de 333 km do Rio de Janeiro e de 327 km de São Paulo. É o segundo menor município de Minas Gerais, com 57,2 km² de área demográfica (IGA, 2000) e com 38.412 habitantes (IBGE - dados preliminares, 2002).

3- GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO

Segundo Mesquita *et al.* (2001), em termos geotectônicos, a área situa-se no extremo sul de domínio de influência da faixa do Alto do Rio Grande, que se localiza ao sudoeste do Cráton de São Francisco, de embasamento arqueano. Observa-se uma interação entre o Bloco Paraná e o Bloco São Francisco. Estudos recentes denominam Cinturão de Cisalhamento Atlântico a toda conformação geológica da região.

Segundo CPRM (1999), na região encontra-se rochas do grupo Andrelândia, Complexo Paraisópolis. Esta unidade é caracterizada por de biotita-gnaiss granatíferos ou não, bandados com intercalações de anfibolitos, micaxistos, com veios pegmatóides, preenchendo fraturas.

A complexa geologia da região corresponde à diversidade de águas minerais existentes num município de pequena extensão demográfica, mas com uma riqueza de litotipos geológicos interagindo com as águas e propiciando a riqueza mineralógica existentes nestas.

Os aquíferos são do tipo fraturado, em rochas gnáissicas cisalhadas. As surgências encontram-se em sedimentos aluvionares cenozóicos, argilo siltsos, recobertos por uma camada de argila orgânica de até 9,0 metros de espessura.

De acordo com Hirata *et al.* (1994), São Lourenço apresenta duas unidades hidrogeológicas distintas através das confrontações de dados hidrodinâmicos e hidroquímicos, que são:

- Unidade I : caracterizada por maior velocidade das águas subterrâneas e menores tempos de trânsito. São águas que apresentam maiores influências de recarga e aportando águas menos mineralizadas;
- Unidade II: caracterizada por maiores tempos de trânsito e menor velocidade das águas. Ocorrem mais próximas ao centro da bacia aluvionar cenozóica. São águas com pouca influência da recarga de águas mais leves, provenientes de estratos mais profundos do aquífero e estão mais próximas às áreas de descarga.

As ocorrências das águas minerais situam-se próximas à confluência do córrego São Lourenço com o Rio Verde. As fontes de águas minerais concentram-se no “Parque das Águas”, onde são captadas 9 fontes para uso público e engarrafamento: Sotto Mayor (Sulfurosa), Alcalina, Andrade Figueira (Magnesiana), Oriente (Gasosa), Vichy (Nova Alcalina), José Carlos de Andrade (Carbogasosa), Ferruginosa e os poços Primavera, e poço 08 no Parque II.

As águas minerais são do tipo bicarbonatadas sódica, mistas e frias (entre 20 e 22°C), carbogasosas, não radioativas, sulfurosa na fonte Soto Mayor e ferruginosas nas fontes Sotto Mayor, Alcalina, Vichy, Ferruginosa, Poço 07, 08 e Primavera 1.

Em São Lourenço apenas algumas fontes apresentaram-se radioativas (Hirata *et al.*, 1994).

A mineralização resulta da dissolução dos minerais presentes nas zonas milonitizadas e nos veios das brechas alcalinas pelas águas pluviais infiltrantes. Os sedimentos ricos em argila seriam responsáveis pela solubilidade do ferro e do manganês e pelas condições físico-químicas para a

geração do anidrido carbônico. (Beato, 1999). Portanto, uma das características da composição química das águas minerais de São Lourenço é o fato de possuir gás natural.

A peculiar existência de grandes quantidades de anidrido carbônico (CO₂) dissolvido nas águas está relacionada à presença na bacia de recarga do aquífero fraturado, de níveis argilosos, confinantes, ricos em matéria orgânica vegetal, que criam um ambiente redutor para a liberação do gás. A composição química das águas sugere uma interação das águas infiltrantes com minerais alcalinos durante o trajeto da circulação subterrânea.

4- ESTUDO DE CASO : ANÁLISE QUALITATIVA DE UM POÇO DE ÁGUA MINERAL

A metodologia proposta foi aplicada ao caso da cidade de São Lourenço, tendo em vista a necessidade de elaboração de um planejamento envolvendo monitoramento qualitativo para uma gestão objetivando assegurar a qualidade das águas minerais.

Para garantir a qualidade das águas quanto à mineralização, torna-se premente a implantação de programas de monitoramento das águas minerais através de utilização de tecnologias eficazes, rápidas e de grande precisão, tais como são os dados obtidos de sensores multiparâmetros.

Os sistemas de monitoramento ambiental têm sido um tipo de aplicação para as sondas multiparâmetros de medição da qualidade da água. Atualmente, as sondas comercialmente encontradas, abrangem parâmetros como oxigênio dissolvido, condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos, resistividade, temperatura, pH, potencial de óxido-redução, turbidez, nível, vazão, nitrato, amônia, cloreto e clorofila.

Diante dos parâmetros analisados pelas sondas, destaca-se a condutividade, que em geral utiliza um sensor com 4 células de eletrodos de níquel puro, com faixa de medição de 0 a 100mS/cm, e exatidão de $\pm 0,5\%$ da medida e dependendo da sonda utilizada, pode atingir até 200 metros.

Os sólidos totais dissolvidos são obtidos a partir da condutividade que é multiplicada por uma constante de conversão simples, obtida através do método de secagem e pesagem dos sólidos contidos na amostra. Quanto a turbidez, a metodologia aplica um sensor de turbidez nephelométrico, que é um sensor óptico, 90° de espalhamento com limpador mecânico, de faixa de medição de 0 a 1000 NTU, e de exatidão de $\pm 5\%$ da medida ou 2 NTU, podendo atingir a profundidade de 66 metros.

Para a medida de pH, utiliza-se de um eletrodo de medição e um eletrodo de referência, separados por uma parede de vidro. O eletrodo de referência é um eletrodo permeável imerso em uma solução, fornecendo uma tensão estável de referência, normalmente 0 Volt. Já o eletrodo de medição é envolvido por uma membrana sensível ao pH que permite uma certa difusão em função da concentração de íons de hidrogênio no meio, dando origem a uma tensão proporcional ao pH. O sensor de pH é muito sensível e deve ser sempre calibrado a cada medição.

Para medida de Temperatura, utiliza-se um termistor, com faixa de medição de -5 a 45°C e de exatidão $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ atingindo a profundidade de 200 metros.

Demais parâmetros como nitrato, cloreto e amônia, as sondas utilizam eletrodos de íons seletivos. No Brasil, há poucos estudos sobre a aplicação destes sensores. Segundo os representantes comerciais, como são sensores de eletrodos seletivos, não são recomendados para monitoramento contínuo, uma vez que podem sofrer interferências e degradação.

A composição mineralógica da rocha em vias de alteração modifica o pH das soluções percolantes em função das reações químicas, conforme Toledo *et al.* (2003), ou seja, o pH e conseqüentemente a condutividade são fortes indicativos de alteração na mineralização das águas, enquanto o nitrato e cloreto são indicativos de contaminação, dependendo das concentrações existentes.

4.1 - Coleta das Amostras e Análises

O poço escolhido para o estudo em questão é particular e foi construído em abril de 2005 nos arredores da cidade de São Lourenço, sob as coordenadas geográficas Latitude $22^{\circ}05'48''$ S e Longitude $45^{\circ}01'55''$ W.

Foram disponibilizados dois tipos de sondas comerciais. As sondas da *Hydrolab*, séries 4, através do representante no Brasil, Campbell Scientific e a sonda da *YSI Incorporated Environmental*, YSI 6820.

A metodologia de análise constou de uma amostragem *in loco*, seguindo os procedimentos de amostragem e preservação adotados pelo *Standard Methods* e em acordo à norma NBR 9898.

Foram medidos em campo o pH, a condutividade elétrica e a temperatura das amostras. Também em campo foram analisadas as amostras de água, com as sondas contendo os sensores de pH, condutividade, Temperatura, Oxigênio dissolvido, condutividade e Turbidez. A sonda

da Hydrolab foi calibrada com padrões da própria fornecedora. A sonda da YSI, a calibração ocorreu in loco e com padrões rastreáveis, preparados pelo Cetesb.

A coleta da amostra seguiu os procedimentos de amostragem e preservação da NBR9898, bem como as orientações enviadas pelo LAMIN.

A análise dos íons metálicos Al, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Zn, Li, Ba, Ca e Mg foi realizada pelo Espectrômetro de Emissão Atômica com fonte de Plasma Indutivo (ICP-AES). As determinações de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, foram realizadas por Espectrofotometria de absorção Atômica (FAAS). A determinação dos ânions fluoreto, cloreto, sulfato, brometo, nitrato e fosfato, utilizaram-se Cromatografia Iônica, equipamento DIONEX, DX-100 com detector de condutividade elétrica.

Para as análises de alcalinidade pelo método via aquosa, é realizada a Titulometria com HCl 0,02N, e detecta-se a alcalinidade total da amostra.

Os dados provenientes das sondas multiparâmetros foram armazenados no *datalogger*, que consiste num sistema de acumulação de dados que se encontram ligados às sondas.

O poço é tubular profundo, sendo a profundidade de 168 metros. O diâmetro de revestimento do poço é de seis polegadas e o perfil litológico é gnaisse com microfraturas, que corresponde ao Pré-cambriano gnáissico.

Quanto aos dados analíticos do Poço 1R, as análises in loco de condutividade, pH e temperatura foram realizados com os aparelhos portáteis e também com as Sondas comerciais da Hydrolab e da Yellow Spring, série 6000, especificamente a sonda YSI-6820, cujos dados estão representados na tabela 1. Para facilitar identificação, denominou-se a sonda da Hydrolab, sonda H e a sonda da YSI, como sonda Y.

Tabela 1: Resultados Analíticos com Sensores

Parâmetros	Análises Aparelhos Portáteis	Análises – Sonda H Média – 30 dados	Análises-Sonda Y Média – 200 dados
pH	7,55	7,8	7,44
Turbidez (NTU)		0,6	0,4
Temperatura °C	23,1	24,2	23,7
Condutividade mS/cm	0,210	0,184	0,187
TDS – Total de Sólidos Dissolvidos			0,116
Oxigênio Dissolvido conc		6,0	4,0

Foi realizada a coleta de água para ser analisada pelo LAMIN, cujos resultados encontram-se na tabela 2.

Segundo QUEIROZ (2004), os testes analíticos são indispensáveis para a classificação de uma água e para indicar sua qualidade. Um parâmetro importante para designar a mineralização, é o resíduo seco a 180°, e no caso de águas minerais com resíduo seco de 100 a 250 mg/l, representa uma água de média mineralização, que é o caso da água em estudo.

Segundo o laudo citado, os resultados permitem descrever uma “Água mineral fluoretada e litinada”, desde que os resultados sejam confirmados através de análise química exigida pelo DNPM, quando da fase de aprovação, segundo o Código de Águas Minerais. Esta água apresentou uma composição provável: bicarbonato de cálcio: 102,504 mg/l; bicarbonato de potássio: 3,150 mg/l; bicarbonato de sódio: 82,602 mg/l; bicarbonato de magnésio: 16,320 mg/l; cloreto de lítio: 0,060 mg/l; fluoreto de sódio: 0,941 mg/l; fluoreto de lítio: 0,006 mg/l; sulfato de bário: 0,054 mg/l; sulfato de estrôncio: 0,574 mg/l; sulfato de cálcio: 3,086 mg/l. Os resultados das espécies iônicas encontram-se na tabela 3.

Tabela 2: Resultado Analítico da Amostra do Poço1R

Parâmetros	Resultados	Parâmetros	Resultados
pH	7,83	Fluoreto	0,43 mg/l
Condutividade 25°C	0,234 mS/cm	Ferro total	0,045 mg/l
Turbidez	0,4UT	Lítio	0,014 mg/l
Resíduo de Evaporação 180°	159,65mg/l	Magnésio	1,71 mg/l
Dureza total CaCO ₃	76,50 mg/l	Potássio	1,23 mg/l
Oxigênio consumido	0,7 mg/l (ácido)	Silício	12,48 mg/l
Nitrato	Menor 0,1 mg/l	Sódio	23,12 mg/l
Sulfato	2,5 mg/l	Cálcio	26,25 mg/l
Bicarbonato	152,69 mg/l	Estrôncio	0,274 mg/l

Fonte: Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN (2006)

Tabela 3: Resultados Analíticos Laboratoriais

Íons Maiores	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Bicarbonato	Cloreto	Sulfato	Nitrato
mg/l	26,25	2,71	23,12	1,23	152,69	0,05	2,5	0,0
Meq/l	1,31	0,223	1,005	0,031	2,502	0,001	0,05	0,001

Com os resultados obtidos das análises laboratoriais (Tabela 3), esta água pode ser classificada no Diagrama de Piper mostrado na Figura 1, como Bicarbonatada Cálcica.

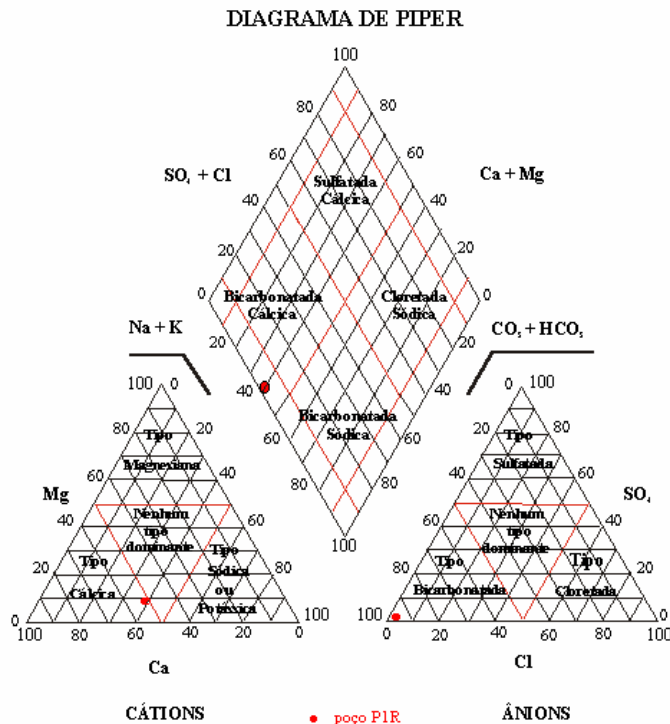


Figura 1: Diagrama de Piper da amostra do Poço 1R

4.2 – Análise dos Resultados

Durante a fase de levantamento bibliográfico e a fase metodológica, foram utilizadas técnicas analíticas tradicionais, de acordo com o *Standard Methods* e a avaliação de sondas multiparâmetros comerciais para análise dos poços de águas minerais, assim como acontece para as águas subterrâneas.

A avaliação das sondas multiparâmetros foi realizada para análises no local (*in loco*), propiciando a investigação das velocidades de respostas das sondas, a repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados, bem como as respostas analíticas frente ao laboratório LAMIN.

Com base na análise de desvio padrão observado nas medidas com os sensores, identificou-se repetibilidade e reprodutibilidade dos dados, indicando que os instrumentos possuem precisão. Mas, comparando os resultados entre os sensores e com os obtidos pelo LAMIN, não há como comprovar exatidão de medidas, indicando a necessidade de calibração dos sensores pelo laboratório e com padrões rastreáveis.

Comparando os dados dos sensores, denota-se que o sensor de Oxigênio dissolvido, principalmente da sonda H, apresentou alto desvio padrão, o que pode indicar a necessidade de

aprimoramento da tecnologia do sensor. Quanto ao sensor de Turbidez, também observou-se maior variabilidade nos resultados das duas sondas, identificando a necessidade da calibração e/ou possíveis avanços tecnológicos.

Os sensores são tecnologias de respostas rápidas sendo eficientes para análises de águas subterrâneas e apesar de ser uma ferramenta útil para as análises de águas minerais *in loco*, apresentam limitações, uma vez que possibilitou apenas a análise dos três parâmetros convencionais como condutividade, turbidez e pH, parâmetros estes muito importantes para análises realizadas na boca do poço para caracterizar uma amostra, mas não suficiente para identificar se uma água é mineral .

Sabe-se que apesar de não ter havido testes quanto aos parâmetros de nitrato e cloreto, existe esta possibilidade, sendo estes íons indicativos importantes para alertar sobre o perigo da contaminação antrópica de um aquífero, bem como parâmetros de acompanhamento e monitoramento.

Houve dificuldade de disponibilização de sondas comerciais que possuíssem os eletrodos de íons seletivos para testes, indicando que as sondas comercialmente disponíveis não puderam ser testadas quanto aos parâmetros de nitrato, cloreto e amônia, impossibilitando avaliação das respostas destes parâmetros.

Quanto à análise hidroquímica realizada no poço 1R, a partir dos dados analíticos fornecidos pelo LAMIN, pode-se concluir que o poço analisado mantém as mesmas características geológicas descritas nos trabalhos anteriores realizados pelo CPRM (1999) contendo os dados fisiográficos da região de estudo São Lourenço, e também dos dados regionais, ou seja fraturas com litotipos gnáissicos, sendo uma água mineral Bicarbonatada Cálcica e, com a classificação fornecida pelo DNPM de uma água mineral com traços de lítio e de fluoreto.

As vantagens de utilização de sensores são muitas, mas há limitações que precisam ser superadas. Os sensores comerciais existentes, alguns não são ainda compatíveis com os diâmetros dos poços de águas minerais, ficando difícil o monitoramento *on line*, inserindo o sensor diretamente no poço onde já se encontra a bomba submersa.

Outro fator relevante, avaliado a partir dos resultados obtidos pelas análises com sensores, demonstra que os instrumentos possuem precisão, mas não há como comprovar exatidão, pois os padrões de calibração utilizados foram diferentes em cada sonda e no LAMIN. É importante ressaltar a necessidade da padronização da calibração dos sensores e do laboratório com padrões rastreáveis, fornecidos pelo LAMIN, ou cujas sondas possam ser calibradas no

laboratório e confirmadas as calibrações a cada teste analítico, com padrões enviados e se possível com acreditação do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

E ainda, para que as sondas possam analisar águas minerais, é importante que haja avanços tecnológicos para análises de cátions e ânions maiores que caracterizem a composição química da água. Embora as sondas multiparâmetros se apliquem a análise de água é necessário desenvolver sensores de íons específicos como cálcio, bicarbonatos, sódio, potássio, sulfato, e outros, denominados de íons maiores que caracterizam a hidroquímica de uma água mineral, além dos já desenvolvidos sensores de cloreto, nitrato e amônia, indicadores de contaminação, mas também sensores de gás carbônico e outros gases para que seja possível caracterizar uma água mineral, em conformidade com a legislação vigente.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez de dados qualitativos das águas minerais de fontes concedidas demonstra a necessidade de melhoria da legislação vigente, que possa viabilizar uma revisão da classificação das mesmas de acordo com padrões internacionais de águas. As águas subterrâneas já carecem de estudos aprofundados de monitoramento qualitativo e quantitativo para a preservação destes mananciais que devido à complexidade acabam por dificultarem procedimentos investigativos destes aquíferos.

Se os estudos com as águas subterrâneas apresentam-se com tamanha dificuldade, em águas minerais o tema é ainda mais árido, cujo desenvolvimento apresenta-se mais complexo, uma vez que os aspectos hidrodinâmicos dificultam desenvolvimentos técnico-científicos sobre o tema. Observa-se que apesar dos avanços hidrogeológicos e hidroquímicos, de captação e amostragem, o monitoramento é ainda uma limitação para os setores de avaliação ambiental da qualidade destas, bem como de estudos que garantam sua mineralização e o volume explotável dos mananciais.

A análise hidroquímica do poço 1R permitiu classificar a água como Bicarbonatada Cálcica, mais amplamente como uma água mineral com traços de lítio e de fluoreto, sendo indicada como água mineral para fins terapêuticos.

Um monitoramento de qualidade requer tempo e pode resultar em dificuldades de interpretação, por se tratar de sistemas dinâmicos de águas de aquíferos ainda não totalmente estudados, carecendo de desenvolvimento de modelos matemáticos estatísticos que possibilitem

calibrar os sensores. Contudo, a necessidade de um monitoramento das águas minerais de São Lourenço, bem como de outras estâncias hidrominerais, podem trazer à luz informações elucidativas que garanta uma efetiva gestão deste recurso mineral tão escasso no planeta.

O desenvolvimento de um monitoramento de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas, em especial águas minerais, de forma abrangente, contínua e de baixo custo, padronizada, permite identificar respostas em tempo real e ao mesmo tempo gerar informações que podem ser estudadas e analisadas estatisticamente in loco, ou através de coleta de dados por algum sistema de informatização. Através de sensores, o estudo fica mais flexibilizado, podendo ser realizado com a periodicidade necessária e principalmente onde a coleta de dados poderá fornecer um histórico que possibilite o reconhecimento de uma área e principalmente de indicativos de contaminação, relações de recarga, mineralização e conhecimento da hidroquímica.

O tema Águas Minerais ainda é de pouco conhecimento no Brasil, mas de muito interesse e importância. Portanto, a gestão deve estar baseada em um histórico de dados altamente confiáveis. Como instrumento de gestão, o monitoramento das fontes deve ser suporte à elaboração de planos de uso e ocupação das bacias de recargas nas estâncias hidrominerais, garantindo a sustentabilidade deste recurso natural.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation (1998); **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th Edition; Washington,DC.
- BEATO, Décio A .C; OLIVEIRA, Fernando A. R. de; e VIANA, Haroldo S.; **Projeto Circuito das Águas do estado de MinasGerais**; CPRM, Belo- Horizonte, 1999.
- BEATO, Décio A . C. ; DELGADO, Sérgio. **Modelos hidrogeológicos para Águas Minerais**. CPRM , Belo Horizonte, 1998.
- **CÓDIGO DE ÁGUAS MINERAIS – DECRETO-LEI 7841. 8 DE AGOSTO DE 1945.**
- **DECRETO-LEI N°227,de 28 de fevereiro de 1967. Código de Mineração.**
- **DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral de 2002.**
- HIRATA, Ricardo, YOSHINAGA, Suely, et all. **Estudo para Localização de Fontes de águas não carbogasosas**. Empresa de Águas São Lourenço S. A . São Lourenço, 1994.

- HIRATA, Ricardo, FERNANDES, Amélia. **Monitoramento das Águas Subterrâneas: Um grande Desafio para Países Emergentes.** I Simpósio Latino-Americano de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Belo Horizonte: ABAS, Minas Gerais, 2006.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados Preliminares, 2002.
- IGA - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS. **Circuito das Águas, Estudos Geoambientais.** Belo Horizonte, 2000.
- IGA - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS. **Mapa Topográfico de São Lourenço – MG, escala 1: 30.000.** Belo Horizonte, 1983.
- MESQUITA, Idimilson Roberto; SILVA, Reginaldo Gomes da; SANTOS, Maria do Carmo. **Geologia Hidrogeologia e Área de Proteção Ambiental.** São Lourenço: Empresa de Águas São Lourenço S.A., 2001.
- POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS- **LEI 9433/97.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 1997.
- QUEIROZ, Emanuel Teixeira de. **Águas Minerais do Brasil: Distribuição, Classificação e Importância Econômica.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, Diretoria de desenvolvimento e Economia Mineral, 2004.
- REBOUÇAS, Aldo. **Uso Inteligente da Água.** São Paulo: Escrituras Editora, 2004.
- SZIKSZAY, Maria. **Geoquímica das Águas. Boletim IG- USP.** Série Didática ,5 . Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1993.
- TOLEDO, M. C.M.; OLIVEIRA, S.M.B de; MELFI, A . J. **Decifrando a Terra .** São Paulo: Oficina de textos, 2000. 2ª reimpressão,2003. 568pp.
- VILLIERS, Marq de. **Água.** Tradução José Kocerginsky. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.
- VAITSMAN, Delmo S., VAITSMAN, Mauro S. **Água Mineral.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2005.