

# OS SISTEMAS AQUÍFEROS DO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: POTENCIAL DE EXPLOTAÇÃO E DIAGNÓSTICO ATUAL DE APROVEITAMENTO

Maria Antonieta A. Mourão<sup>1</sup>, José do Espírito Santo Lima<sup>2</sup> &  
Eduardo Araújo Monteiro<sup>3</sup>

**Resumo** - A intensificação do uso da água subterrânea no norte do Espírito Santo ocorreu no final da década de 90 como consequência da redução das disponibilidades dos recursos hídricos superficiais devido à utilização crescente, em especial na agricultura, e a ocorrência de evento rigoroso de estiagem. Distribuídos na área de forma aproximadamente igualitária ocorrem os sistemas aquíferos granulares e os sistemas aquíferos fissurados. Os primeiros são subdivididos em aquíferos granulares terciários representados pelas Formações Barreiras e Rio Doce e em aquíferos granulares quaternários formados pelas aluviões e sedimentos flúvio-marinhos. O maior potencial hidrogeológico relaciona-se aos sedimentos da Formação Rio Doce, tendo sido obtidas vazões de até 82m<sup>3</sup>/h. Os sistemas aquíferos fissurados são constituídos por rochas granito-gnáissicas e intrusivas básicas. Levantamento estrutural realizado na área indicou as estruturas rúpteis de direção NS, e secundariamente NW, como as mais favoráveis ao armazenamento de água subterrânea. As vazões são comumente baixas, em média de 7m<sup>3</sup>/h, mas localmente podem atingir valores superiores a 15m<sup>3</sup>/h. Análises físico-químicas revelaram a ocorrência freqüente de ferro, cor e turbidez em valores elevados o que pode, em parte, estar relacionado às deficiências construtivas dos poços tubulares. Quanto a este aspecto, o cadastramento de pontos d'água efetuado mostrou que 51% dos poços tubulares encontravam-se em risco potencial médio a elevado de contaminação em virtude de problemas verificados em sua construção e manutenção.

---

<sup>1</sup> Hidrogeóloga; 31-3261.0384; [antonieta@cprmbh.gov.br](mailto:antonieta@cprmbh.gov.br);

<sup>2</sup> Hidrogeólogo; 31-3261.0386

<sup>3</sup> Geólogo CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência de Belo Horizonte, Av. Brasil 1731; 30.140-002; 31-3261.0364; [edumonte@cprmbh.gov.br](mailto:edumonte@cprmbh.gov.br)

**Abstract** - The increase on ground-water exploitation in the northern Espírito Santo state at the end of the nineties resulted from the diminish on surface-water resources due to its intensive use, in agriculture, associated to a very strong drought. The aquifer systems approximately separate this region in two. The eastern portion represents the granular domain. The western portion the fissural domain. The first are divided into tertiary granular aquifers represented by the Barreiras and Rio Doce Formations, and Quaternary alluvial and fluvio-marine granular aquifers. The greatest hydrogeological potential lies in the sediments of the Rio Doce Formation, with a yield of up to 82m<sup>3</sup>/h. The fissured aquifer systems are made up of granitic-gneissic and basic intrusive rocks. A structural survey described ruptile structures lying NS, secondarily NW, as the most favorable for ground-water storage. Yields are usually low, on average 7m<sup>3</sup>/h, but may reach figures above 15 m<sup>3</sup>/h locally. Physicochemical analyses showed frequent occurrence of iron, color and turbidity at high levels which may be partly explained by irregular well construction. In this regard, the registration of wells showed that 51% of wells had a medium to high potential risk of contamination due to the problems in their construction and maintenance.

**Palavras-chave:** Espírito Santo, sistemas aquíferos, levantamento estrutural, risco potencial de contaminação

## **INTRODUÇÃO**

Os primeiros estudos hidrogeológicos em escala regional no Estado do Espírito Santo devem-se ao Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo (Costa, 1980) realizado pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil em convênio com o DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral.

No ano de 1997, em conformidade com a Política Federal de Recursos Hídricos, foi elaborado o Plano Diretor das Bacias do Leste (MMA/FUNARBE, 1997). Os estudos abrangeram a caracterização hidrogeológica a partir da reunião e consistência de dados existentes.

Em razão da prolongada estiagem ocorrida em 1998, a região foi contemplada com a perfuração de 125 poços tubulares para minimizar a escassez de água, dentro das diretrizes do Programa de Ações Emergenciais de Combate aos Efeitos da Seca implementado pela SUDENE-Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste em parceria com a CESAN – Companhia Espírito Santense de Abastecimento e a CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Deu-se início, no final de 1999, ao Levantamento Hidrogeológico do Norte do Espírito Santo como resultado do convênio firmado entre o MMA-Ministério de Meio Ambiente/SRH-Secretaria de Recursos Hídricos e a CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Este projeto teve como propósito dotar a região de um conhecimento básico suficiente para subsidiar o estabelecimento de uma política racional de aproveitamento e proteção dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais.

Este trabalho sintetiza o conhecimento hidrogeológico obtido neste levantamento em uma área de aproximadamente 30.000 km<sup>2</sup> abrangendo 28 municípios na porção norte do Estado.

## **JUSTIFICATIVA E ASPECTOS GERAIS**

O norte do Espírito Santo é uma região ligada essencialmente às atividades relacionadas ao setor primário, no qual a agricultura vem adquirindo especial importância juntamente com a pecuária. As cidades de São Mateus, Colatina e Linhares destacam-se como importantes pólos industriais e Nova Venécia como produtora de rochas ornamentais. A expansão das atividades, fator decisivo para o desenvolvimento da região, é dificultada pela escassez de recursos hídricos superficiais, que se deve às condições climáticas marcadas por períodos prolongados de estiagem, ao desmatamento e às práticas agrícolas inadequadas. Os aspectos climáticos e sócio-econômicos imperaram na decisão de se incluir, em 1998, esta porção do Estado na área de atuação da SUDENE.

A água subterrânea aponta como uma alternativa para o atendimento de pequenas a médias demandas e sob certas condições, de demandas elevadas. A definição de áreas potencialmente favoráveis à exploração e a identificação dos condicionantes ao armazenamento de água subterrânea ainda carecem de investigações mais detalhadas.

A região apresenta um clima quente e úmido com duas estações distintas: uma chuvosa no verão e outra seca no inverno. A pluviosidade média anual é inferior a 1500mm.

Quanto ao relevo, duas feições morfológicas se destacam: as superfícies aplainadas sublitorâneas que correspondem às áreas de ocorrência dos sedimentos terciários da Formação Barreiras e sedimentos quaternários das aluviões e a morfologia tipo “pães de açúcar” dos maciços graníticos.

As principais bacias hidrográficas da área são representadas pelos rios Itaúnas, São Mateus, Barra Seca e Doce.

## LOCALIZAÇÃO

A região compreende a parte norte do Estado do Espírito Santo, situada acima do paralelo de 20° e abrangendo os municípios de Água Doce do Norte, Águia Branca, Alto Rio Novo, Baixo Guandu, Barra de São Francisco, Boa Esperança, Colatina, Conceição da Barra, Ecoporanga, Governador Lindemberg, Jaguaré, Linhares, Mantenópolis, Marilândia, Montanha, Mucurici, Nova Venécia, Pancas, Pedro Canário, Pinheiros, Ponto Belo, Rio Bananal, São Domingos do Norte, São Gabriel da Palha, São Mateus, Sooretama, Vila Pavão e Vila Valério. Possui área aproximada de 30.000km<sup>2</sup> (Figura 1).



Figura 1: Localização da área de estudo.

## AMBIÊNCIA GEOLÓGICA

Segundo Silva et al. (1987), na área do Projeto afloram rochas com idades distintas, abrangendo desde o Proterozóico, representado por metamorfitos de alto grau até sedimentos quaternários holocênicos de ambiência continental e marinha (Figura 2).

Os biotita-granada gnaisses do Complexo Paraíba do Sul constituem as rochas mais antigas encontradas. São gnaisses paraderivados, cujos sedimentos devem ter se depositado no Proterozóico Inferior. Interpreta-se que um importante evento tectônico compressional relacionado ao Ciclo Transamazônico, de 2.2Ma de anos seja o responsável pela tectogênese dessas rochas de ocorrência contínua desde às margens do rio Doce a Nova Venécia.

O evento Brasileiro ocorrido no final do Proterozóico Superior foi responsável, na área, por grande atividade tectônica, acompanhada por transcorrências, movimentos de blocos e intensa granitogênese sin, tardi e pós-tectônica.

## Unidades Litológicas

As unidades litológicas descritas por Silva et al. (1987) no mapeamento da folha SE.24 Rio Doce e aflorantes na área do projeto serão sintetizadas a seguir:

### Complexo Paraíba do Sul

É uma unidade de origem sedimentar, relacionada principalmente a sedimentos pelíticos transformados para biotita e/ou hornblenda granada gnaisses e metatextos de composição kinzigítica, com granulação variando de fina a média. Subordinadamente, ocorrem calcissilicáticas, anfibolitos e mármore.

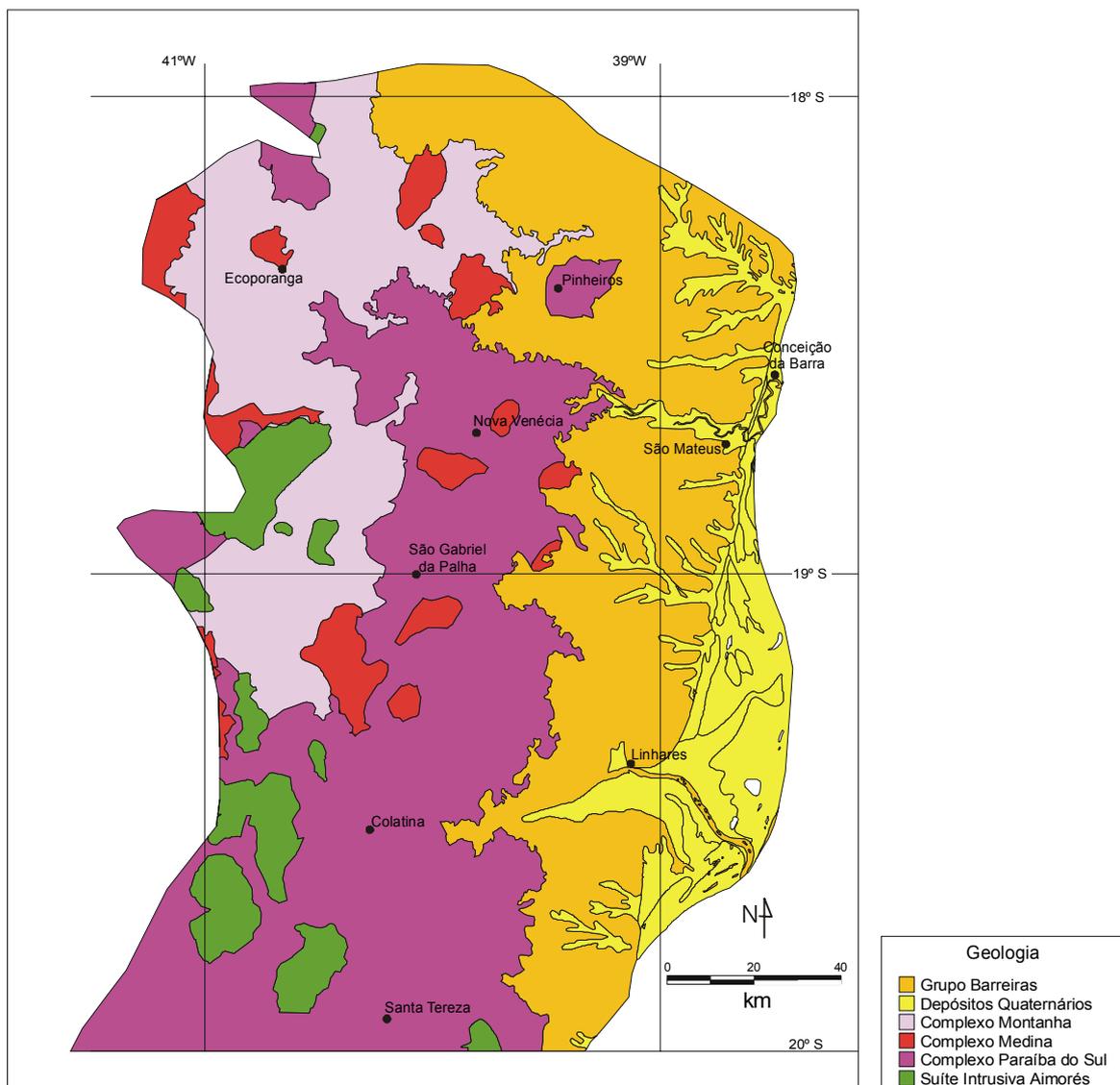


Figura 2: Mapa de unidades geológicas, simplificado de Silva (1987).

### Complexo Montanha

Litologicamente, constitui-se de augen-granitóides gnaisses, à biotita, granada, sillimanita e eventualmente cordierita, leuco a mesocrático. O termo “complexo” foi adotado em decorrência de seu caráter alóctone e autóctone, e por conter várias outras litologias, algumas com feições migmatíticas.

## **Complexo Medina**

É constituído de rochas plutônicas formadas pela anatexia das supracrustais geradoras do Complexo Paraíba do Sul. Estas rochas apresentam aspectos diversos podendo ser autóctones, alóctones, concordantes ou discordantes da estruturação regional, por isso consideradas como tardi a pós-tectônicas. Foram individualizados sete tipos petrogenéticos e texturais mais homogêneos. Na área do projeto afloram biotita granitos porfiróides a granulares, biotita granodioritos ou tonalitos gnaissificados e granitóides indivisos.

## **Suíte Intrusiva Aimorés**

Constituída de batólitos e *stocks* de ortopiroxênios granitóides porfiróides e noritos. Possuem granulação grossa, megacrístais de feldspato, cor verde escura, podendo ser maciços ou foliados. Por possuírem formas elípticas, concordantes com a estruturação regional, xenólitos e foliação de ocorrência localizada, são interpretados como sendo sin a tarditectônicos em relação ao evento Brasileiro.

## **Suíte Intrusiva Fundão**

É composta por diques de diabásio e gabros de granulação fina a média, melanocráticos, com textura ofítica e intergranular. Orientam-se segundo as direções NNE e NNO.

## **Grupo Barreiras**

Formado por sedimentos argilo-siltosos de tonalidade variegada, conglomerados polimíticos de matriz psamítica, arenitos imaturos de cores variadas e pelitos subordinados. É interpretado como resultante de deposição em leques aluviais.

## **Depósitos Quaternários**

Estes depósitos são bem individualizáveis na faixa costeira, enquanto que para o interior, ocorrem apenas ao longo da calha do rio Doce. Representam a sedimentação mais recente ocorrida na área. É dividida em depósitos quaternários marinhos e continentais. Os depósitos marinhos são divididos em terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos e pantanos e mangues holocênicos. Os depósitos continentais são divididos em holoceno fluviolagunar e aluvionar. Estudos detalhados desses sedimentos foram efetuados por Martin et al. (1997).

## LEVANTAMENTO ESTRUTURAL APLICADO À HIDROGEOLOGIA

O potencial hidrogeológico em rochas cristalinas está associado a falhas, fraturas e juntas intercomunicantes. Para que estas descontinuidades possam armazenar água, elas têm de ser abertas. Alguns fatores influenciam diretamente para esta condição: o tipo de tectônica, se compressional ou extensional; o tipo de rocha e a maneira que esta irá responder ao esforço aplicado; e as direções estruturais existentes.

Da observação e análise das imagens de satélite, foram identificadas quatro direções principais de lineamentos estruturais. As relações de sobreposição entre estes lineamentos foram estabelecidas por critérios como obliteração, rotação, interceptação, interrupção e deslocamento entre os mesmos, permitindo hierarquizá-los, do mais antigo para o mais novo, na seguinte ordem (figura 3): lineamentos **L1** com direções de N30 a N65E; lineamentos **L2** com direção geral NS, variando de N15W a N15E; **L3** com direção geral N15-25W; e **L4** orientados segundo N55-70W.

Os lineamentos **L3** e **L4** mostram deslocamentos sem indício de arrasto visível, indicando a atuação de tectônica rúptil.

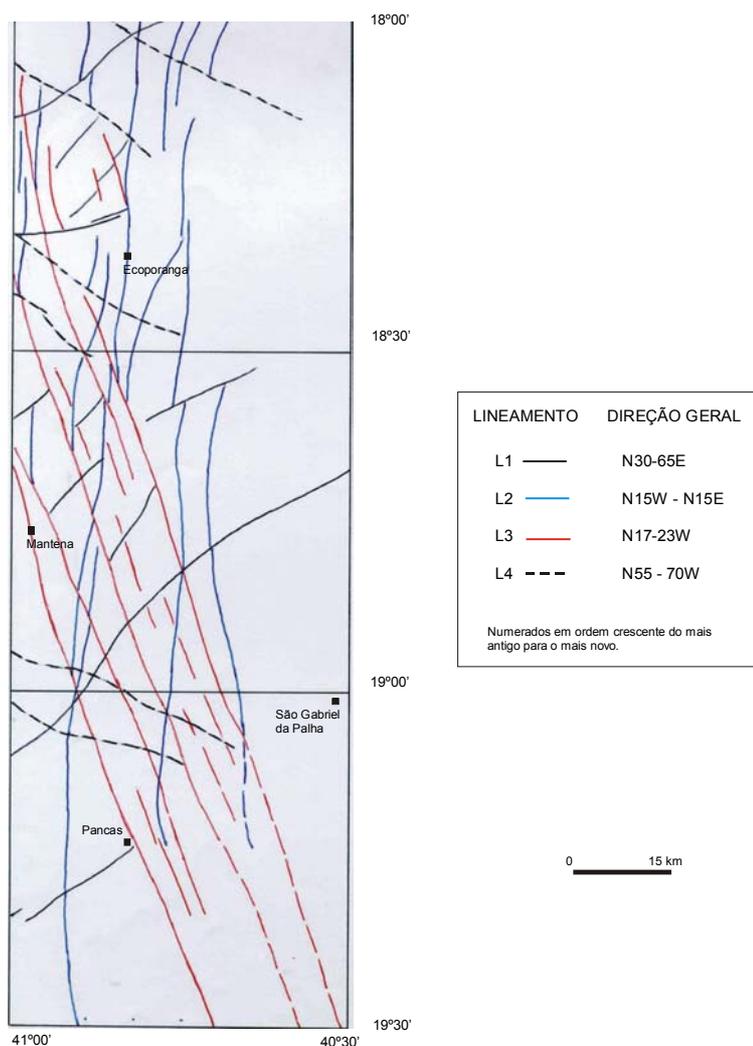


Figura 3: Mapa esquemático dos principais lineamentos estruturais extraídos de imagem de satélite abrangendo as folhas de Ecoporanga, Mantena e São Gabriel da Palha.

A interpretação e análise dos dados levantados revelaram a existência de dois eventos de deformação. O primeiro compressivo (D1), em regime de cisalhamento dúctil a dúctil-rúptil, com cinco fases de geração de foliações e posteriormente um evento extensional (D2) em regime rúptil.

As principais atitudes médias de falhas normais geradas no evento D2 e as resultantes de reativação de estruturas formadas do evento D1 são: **N50E/70NW**, **N65-70E/70-85SE**, **N25E/65-85SE**, **N20E/45NW**, **N10W/75SW** e **N20W/87NE**.

As principais atitudes de juntas extensionais são: **N10W/90**, **N35W/90**, **N60E/85SE**, **N20E/45SE**, **N20W/85SW** e **N45E/70SE**.

Descrições de feições estruturais são encontradas em mapeamentos realizados na região. Vieira (1993) descreve dobras flexurais abertas, de pequena amplitude e grande comprimento de onda, com eixo NS e suave caimento para norte, na região de Baixo Guandu e interpreta estes dobramentos como relacionados à tectônica transcorrente de *trend* NS, responsável por importantes zonas de cisalhamento, entre as quais se destaca o lineamento Guaçuí. Tuller (1993) também descreve dobras semelhantes na região de Colatina, ao sul da área.

O Complexo Montanha é sin- a tardi tectônico em relação a D1 e de granulação muito grossa. Reologicamente este complexo foi mais susceptível ao fraturamento longitudinal de direção NS nas zonas de charneiras das dobras descritas acima.

As discontinuidades de direção NS, e secundariamente as NW foram reaproveitadas no evento extensional Mesozóico, quando houve a intrusão de diques de diabásio preferencialmente nestas direções (Tuller op.cit.).

De natureza tardi a pós- tectônica o Complexo Medina e a Suíte Intrusiva Aimorés, são praticamente indeformados, não refletindo a mesma condição estrutural de fraturamento resultante de dobramento flexural.

A direção NS, e subordinadamente a NW, são as direções mais favoráveis ao armazenamento de água subterrânea, preferencialmente nos augen gnaisses do Complexo Montanha. Esta interpretação é corroborada pelo posicionamento, nestas direções, dos diques de diabásio da Suíte Intrusiva Fundão, como também pelas maiores vazões verificadas em poços tubulares profundos situados ao longo destes fraturamentos.

## **CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA**

Os estudos desenvolvidos na área permitiram definir dois sistemas aquíferos de acordo com o tipo de permeabilidade das rochas. Os aquíferos fraturados são representados pelas rochas cristalinas do embasamento e os aquíferos granulares pelos sedimentos terciários da Formação Barreiras e quaternários das aluviões fluviais e flúvio-marinhas (Figura 4).

O cadastramento de pontos d'água resultou em 852 pontos sendo 799 poços tubulares, 27 poços escavados, 01 poço ponteira e 25 nascentes distribuídos nos municípios segundo a tabela 1. Do total de poços tubulares cadastrados, 51 são poços secos. A maior concentração dos pontos encontra-se na área de ocorrência da Formação Barreiras e das aluviões.

A distribuição dos pontos d'água por sistemas aquíferos mostra que 65% captam água do aquífero granular, 19% do fraturado e 1% têm entradas d'água no granular e no fraturado. Não foram obtidas informações quanto ao sistema captado para 15% dos poços tubulares.

As principais características hidráulicas e construtivas dos poços tubulares perfurados na área são mostradas na figura 5 onde estão representados, em gráficos de barras, a profundidade, o nível estático, a vazão de teste e a capacidade específica. Esses gráficos foram construídos a partir dos valores de mínimo, média interna, mediana, média, máximo e desvio padrão.

Tabela 1: Número de pontos d'água cadastrados por município.

<i>Município</i>	<i>Pontos d'água cadastrados</i>	<i>Município</i>	<i>Pontos d'água cadastrados</i>
Água Doce do Norte	7	Montanha	28
Águia Branca	5	Mucurici	19
Alto Rio Novo	6	Nova Venécia	34
Barra de São Francisco	9	Pancas	5
Baixo Guandu	7	Pedro Canário	28
Boa Esperança	11	Pinheiros	14
Colatina	42	Ponto Belo	7
Conceição da Barra	27	Rio Bananal	9
Ecoporanga	25	São Domingos do Norte	9
Gov. Lindemberg	7	São Gabriel da Palha	17
Jaguaré	47	São Mateus	133
Linhares	270	Sooretama	45
Mantenópolis	5	Vila Pavão	8
Marilândia	22	Vila Valério	7

**TOTAL - 852 pontos d'água**

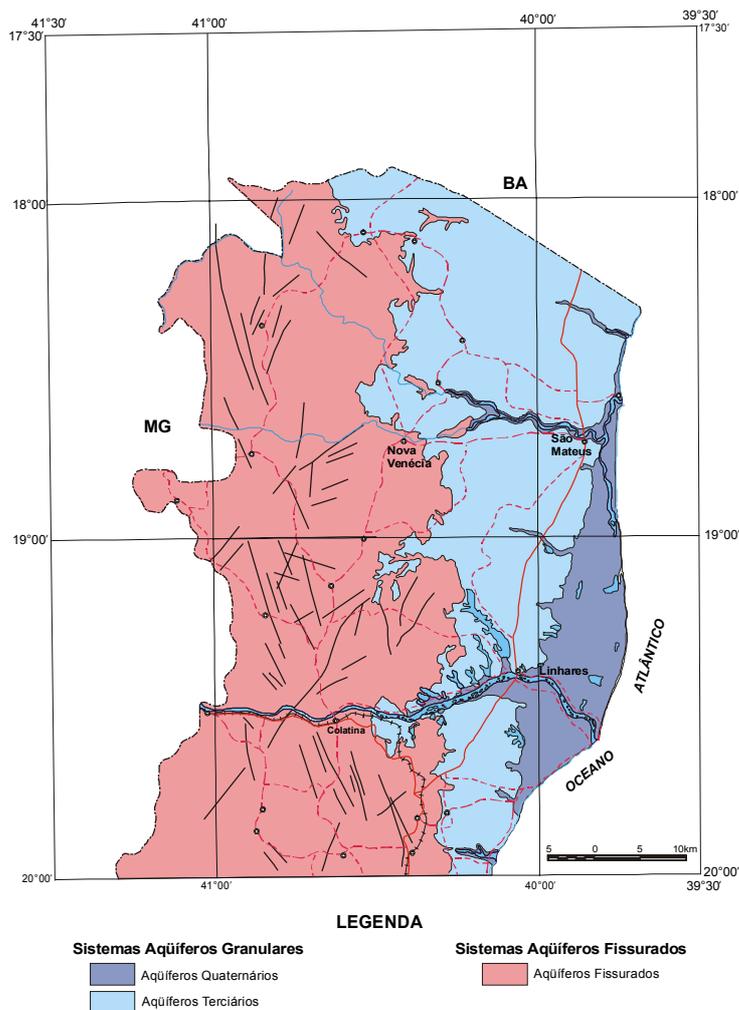


Figura 4: Mapa de Sistemas Aquíferos.

### Os Sistemas Aquíferos Granulares

Os aquíferos granulares representados pelos sedimentos terciários da Formação Barreiras e sedimentos quaternários fluviais e flúvio-marinhos ocorrem na porção oriental cobrindo cerca de 40% da área.

Furos de sondagem realizados na costa do Espírito Santo pela PETROBRAS constataram espessuras para a Formação Barreiras de até 80 metros, com aumento gradual em direção à plataforma continental, chegando a alcançar 150 metros.

A Formação Rio Doce é constituída por arenitos grossos, localmente conglomeráticos, com intercalações de folhelhos e calcários. Ocorre sotoposta aos sedimentos da Formação Barreiras sendo caracterizada apenas por meio de furos de sondagem os quais indicam espessuras de até 3185 metros.

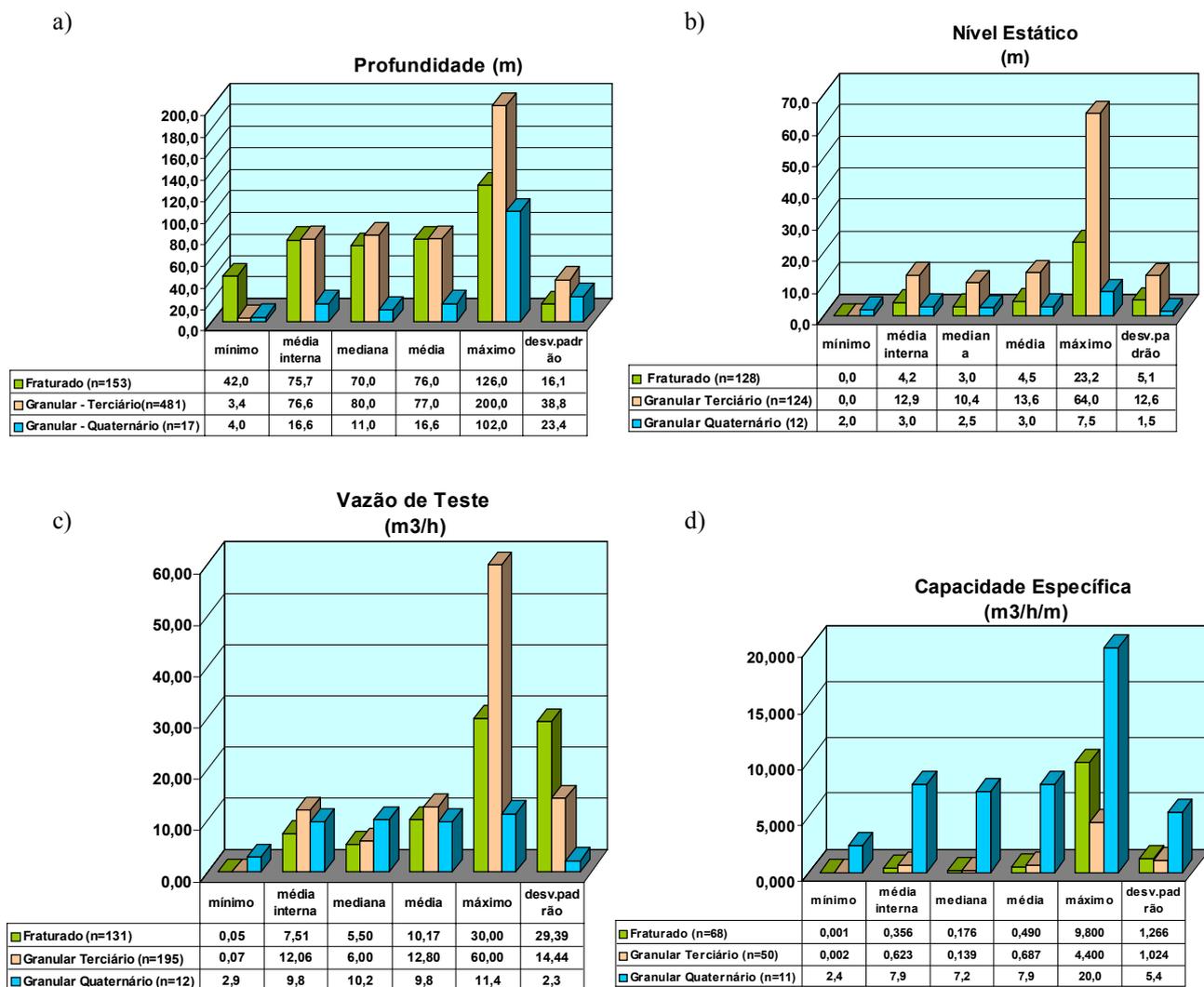


Figura 5: Parâmetros hidráulicos e construtivos dos poços tubulares profundos. a) Profundidade, b) Nível Estático, c) Vazão de teste e d) Capacidade Específica.

Os sedimentos quaternários fluviais representados pelas aluviões dos principais rios que drenam a área (Itaúnas, São Mateus, Barra Seca e Doce) são constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas. Dados disponíveis de espessura para poços situados próximo à foz dos rios São Mateus e Doce revelam profundidades médias de 20 metros.

Os sedimentos quaternários flúvio-marinhos são caracterizados por sedimentos detríticos originados em ambientes diversos. São reconhecidos depósitos de terraços marinhos arenosos, depósitos lagunares de natureza argilo-arenosa, depósitos de manguezais, arenitos de praia e crostas calcárias de algas e corais. Dados de espessura são inexistentes.

Os sedimentos fluviais e flúvio-marinhos apresentam granulometria e composição variáveis, exibindo localmente grande potencial hidrogeológico.

A recarga dos sistemas granulares ocorre principalmente através da infiltração direta das chuvas.

## **Sistemas Aquíferos Fraturados**

Os aquíferos fraturados são representados pelas rochas cristalinas dos Complexos Paraíba do Sul, Montanha e Medina, e pelas Suítes Intrusivas Aimorés e Fundão. Estas rochas abrangem cerca de 60% da área, estando distribuídas ao longo de uma faixa de direção norte-sul, balizada a leste pelo meridiano de 40°15'.

A ocorrência da água subterrânea nessas rochas depende da interação de diversos fatores tais como relevo, litologia, espessura do manto de intemperismo, e principalmente da trama estrutural, dada pela existência de falhas, fraturas e juntas abertas e a intercomunicação entre essas superfícies de descontinuidade.

A recarga nesses sistemas se processa através dos sistemas de fraturas que controlam a drenagem superficial ou através de filtração vertical a partir dos lençóis freáticos superficiais.

## **Potencial de Uso dos Recursos Hídricos Subterrâneos**

Os aquíferos granulares terciários (Formação Barreiras e/ou Rio Doce) apresentam uma produtividade bastante variável com vazões localmente elevadas (46m<sup>3</sup>/h) e capacidade específica de até 13m<sup>3</sup>.h/m. Poços perfurados pela Petrobrás, no município de Linhares, que atingiram a Formação Rio Doce forneceram vazões entre 50 e 82m<sup>3</sup>/h.

Os aquíferos granulares aluviais e flúvio-marinhos apresentam potencial local elevado com vazões de até 11m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média de até 7,2m<sup>3</sup>/h/m.

Nos aquíferos fraturados a capacidade de produção é baixa com um valor médio de 7,5m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média de 0,35m<sup>3</sup>/h/m. Ressalta-se a constatação de tendência de poços posicionados junto aos fraturamentos de direção NS e NW apresentarem maiores vazões.

## **Avaliação Hidroquímica**

Os dados físico-químicos disponíveis não permitem a caracterização hidroquímica de forma mais precisa visto serem em número relativamente reduzido, muitas vezes incompletos e não apresentarem a abrangência satisfatória em termos de distribuição e de representatividade para os aquíferos existentes. Deste modo, será feita uma avaliação, de caráter preliminar, com base em 141 resultados analíticos, em grande parte efetuados pela CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento e nos valores obtidos para os parâmetros determinados “in loco” (condutividade elétrica e pH) em pontos d’água com condições de amostragem (nascentes e poços ativos).

A condutividade elétrica mostra um espectro muito amplo de variação para todos os aquíferos, como atestado pelos valores bastante altos de desvio padrão (figura 6a). Os aquíferos fissurados são os que exibem média interna mais elevada (419μS/cm) sendo seguidos pelos aquíferos granulares quaternários (220,4μS/cm) e granulares terciários (146,6μS/cm). Os valores

mais elevados de condutividade elétrica ocorrem junto ao litoral e na área de domínio do aquífero fissurado (Figura 7). Valores elevados próximos à costa podem estar relacionados ao avanço de cunha salina ou à presença de camadas de sal gema nos sedimentos.

O pH pode ser usado como um parâmetro identificador do tipo de aquífero captado pois exibe baixos desvios padrões e valores distintos de média e mediana para os sistemas aquíferos fissurados e granulares terciários (figura 6b). Poços que interceptam a Formação Barreiras mostram águas ácidas com valor médio de pH de 5,1, sendo freqüentes valores em torno de 4,0. Os poucos dados disponíveis para a Formação Rio Doce indicam a presença de águas levemente ácidas a básicas, com pH variando de 6,15 a 8,67. Os aquíferos fissurados apresentam águas ligeiramente ácidas a neutras com pH médio de 6,5, comparável ao valor obtido para o reduzido número de amostras relativas ao sistema aquífero granular quaternário. A análise do mapa de isovalores (Figura 8) permite verificar a correspondência quase perfeita das áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos com os valores de pH.

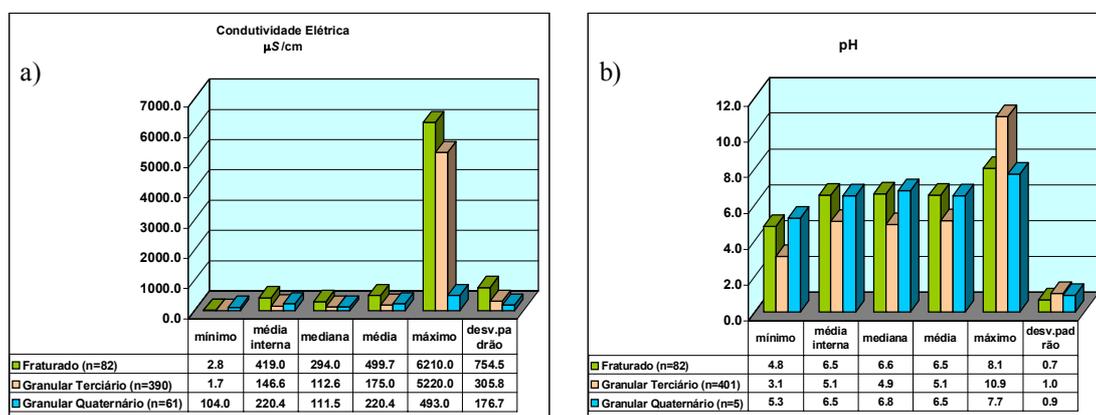


Figura 6: Valores estatísticos de parâmetros físico-químicos para os aquíferos. a) Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e b) pH

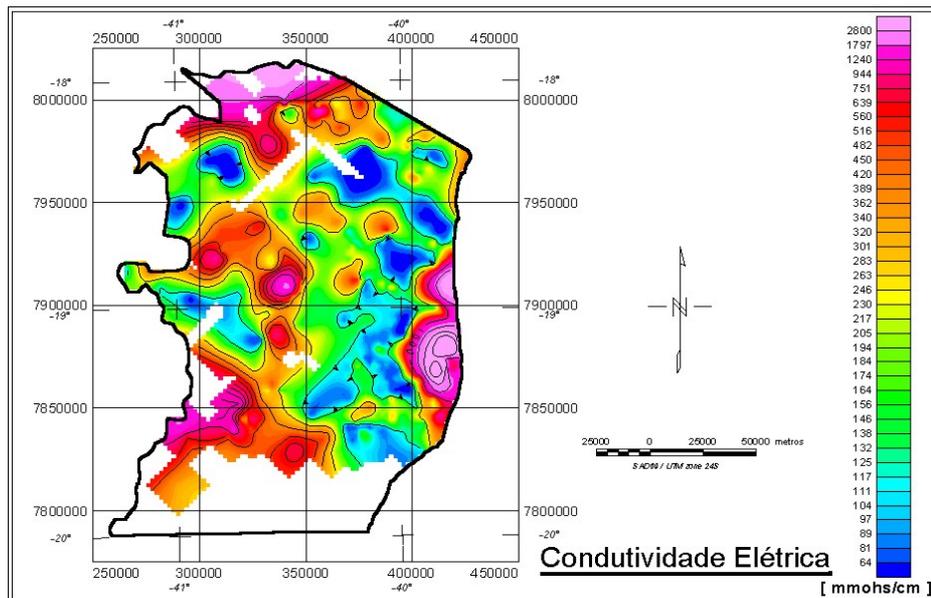


Figura 7: Mapa de isovalores de condutividade elétrica.

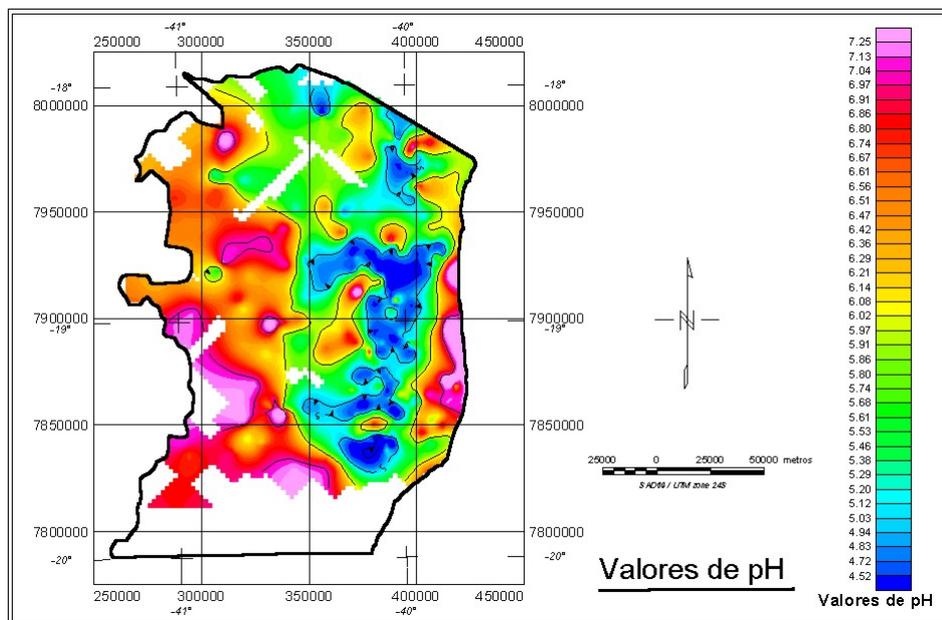


Figura 8: Mapa de isovalores de pH.

Uma das principais características químicas das águas subterrâneas na região é a ocorrência indistinta de ferro em teores elevados (acima de 1,0mg/L), bem acima do limite fixado pelo Ministério da Saúde para consumo humano. Visto a observância em todos os aquíferos de valores elevados de cor e turbidez (Figura 9) pode-se inferir que o ferro esteja presente tanto na forma solúvel quanto na insolúvel, como hidróxidos ou óxidos, associados aos colóides, à matéria orgânica e aos materiais em suspensão. A presença do manganês em altas concentrações (média de 1,9mg/L) é verificada com frequência nos aquíferos granulares e, em geral, acompanha os teores de ferro.

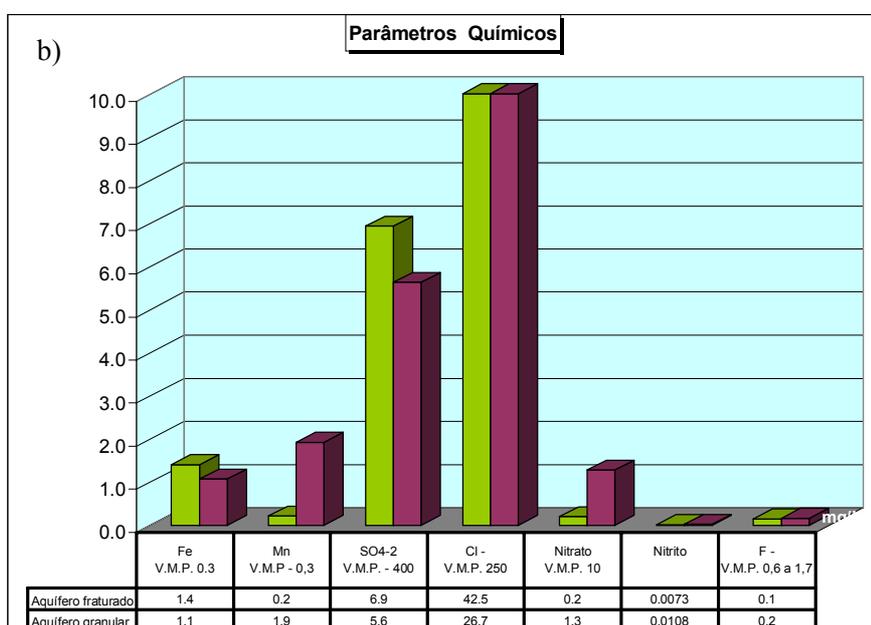
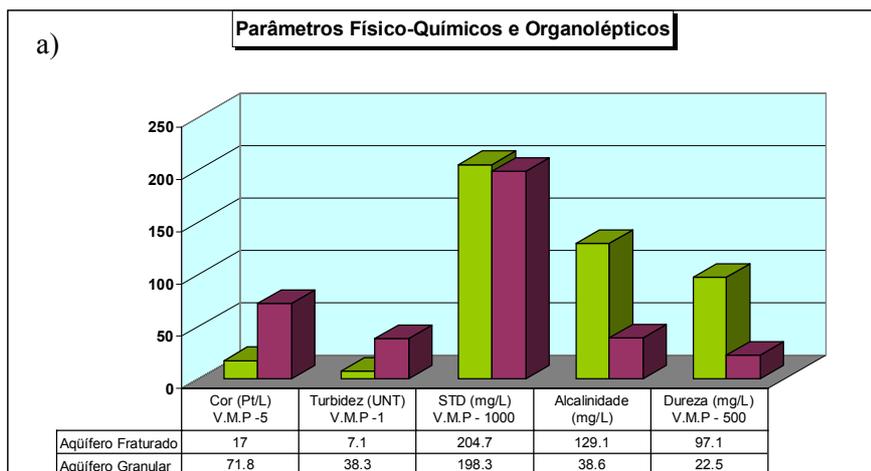


Figura 9: Valores médios para parâmetros físico-químicos e organolépticos (a) e químicos (b).

Dentre todas as análises físico-químicas, apenas onze relativas ao aquífero fissurado mostram-se completas. A classificação dessas águas, utilizando-se do diagrama de Piper, indica uma grande variabilidade composicional, não havendo o predomínio de determinados ânions ou cátions. Cálcio, magnésio e sódio ocorrem em proporções aproximadamente igualitárias enquanto que bicarbonato e cloreto mostram maior amplitude de variação. Apenas águas sulfatadas não foram encontradas.

Vale mencionar que durante os trabalhos de campo foi detectada água gasosa em 7 poços tubulares sendo 5 no município de Linhares, 01 no município de Jaguaré e 01 no município de Pedro Canário, todos eles situados em área de ocorrência da Formação Barreiras

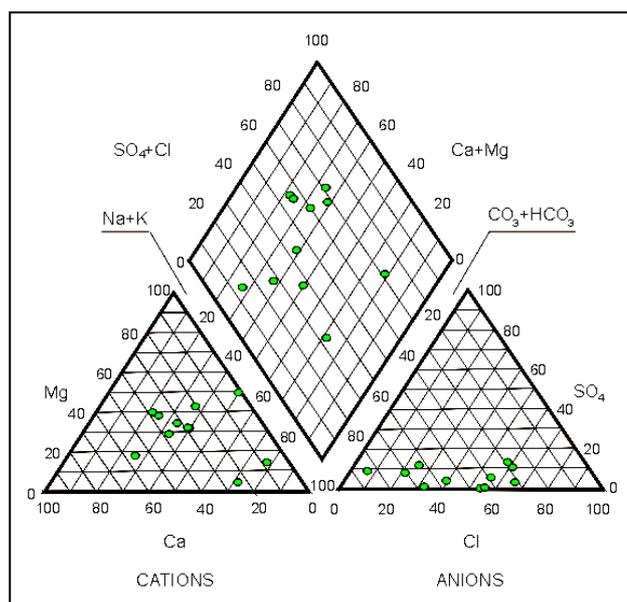


Figura 10: Diagrama de Piper para amostras de água do sistema aquífero fissurado.

## DIAGNÓSTICO DE USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

### O Uso da água subterrânea

O uso da água subterrânea no norte do Estado do Espírito Santo até a década de 80 era pouco expressivo em decorrência do quase desconhecimento a respeito do real potencial de exploração e da possibilidade de atendimento da demanda de consumo a partir dos recursos hídricos superficiais. Na década de 90, a expansão das atividades econômicas conduziu ao aumento, de forma não planejada e estruturada, do volume de água captado nos cursos d'água resultando na significativa redução das vazões. Em 1998, a ocorrência de evento de estiagem extremamente rigoroso levou ao comprometimento de muitos sistemas de abastecimento, especialmente em comunidades rurais. Nesta época, foram perfurados 125 poços tubulares pelo Programa de Ações Emergenciais de Combate aos Efeitos da Seca.

Os resultados obtidos nas perfurações permitiram estabelecer uma primeira avaliação e caracterização dos aquíferos e demonstrou haver, sob certas condições, potencial satisfatório de exploração para atendimento de pequenas a médias demandas. Motivados por esses resultados vários agricultores, pecuaristas e empresários ligados aos setores industriais e comerciais optaram pela utilização do recurso subterrâneo para complementação do consumo de água.

O incremento das perfurações no final da década de 90 foi de tal magnitude que dentre os 799 poços tubulares cadastrados, 57% foram perfurados no período de 1998 a março de 2001, podendo este valor ser ainda maior visto que para 28% dos poços não foi possível identificar a data de perfuração (Figura 11).

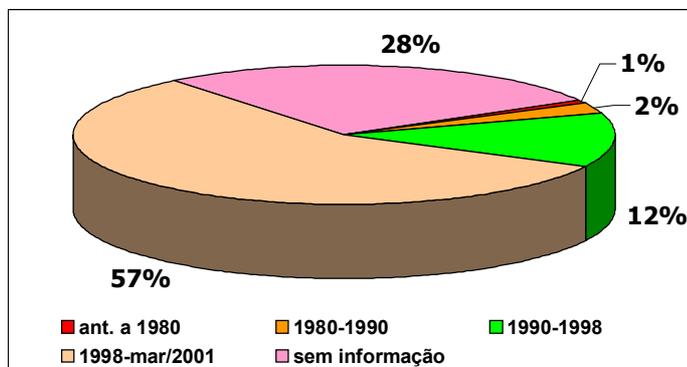


Figura 11. Data de perfuração dos 827 poços cadastrados.

Atualmente, a água subterrânea assume um papel significativo no abastecimento de comunidades e núcleos rurais e mesmo de áreas urbanas como é observado em Conceição da Barra, em Vila de Itaúnas (distrito de Conceição da Barra) e em Guriri (distrito de São Mateus), importantes pólos turísticos da região. Em várias sedes municipais é utilizada como parcela complementar ao sistema de abastecimento ou tida como uma reserva estratégica para situações de escassez ou de problemas nas estações de tratamento. Nos dois maiores centros urbanos, São Mateus e Linhares, a água subterrânea é amplamente utilizada nos mais diversos estabelecimentos comerciais e industriais.

O uso agrícola é importante na porção central e oriental da área onde se concentram as culturas de café, pimenta do reino, coco e em menor proporção, mamão. A grande maioria dos poços é utilizada somente nos períodos estivais, como fração auxiliar na irrigação, visto que as vazões são insuficientes para sustentação dessa atividade. Alguns poços são mantidos em produção durante o ano para o abastecimento das residências da propriedade ou para dessedentação animal.

O uso exclusivo para dessedentação animal não é comum, restringindo-se a algumas propriedades na porção ocidental e às avícolas localizadas nos municípios de São Mateus, Linhares e Jaguaré. A figura 12 apresenta as modalidades e proporções de uso da água subterrânea no norte do Espírito Santo.

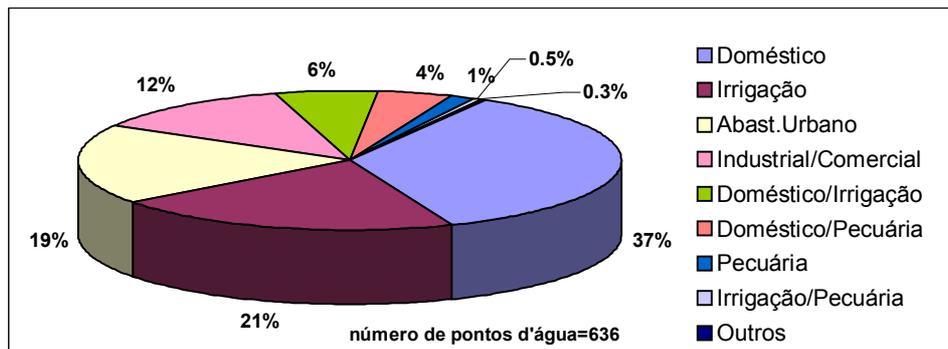


Figura 12. Uso atual dos poços tubulares.

### Estado Atual dos Poços Tubulares e o Risco Potencial de Contaminação

Um aspecto a ser comentado é que o crescimento da participação da água subterrânea nos diversos setores, não foi acompanhado de mecanismos que assegurassem a utilização racional e a conservação qualitativa da água subterrânea. O resultado do avanço das perfurações, sem o rigor técnico necessário, foi demonstrado no cadastramento onde se verificou que 51% dos poços tubulares encontravam-se em risco potencial médio a alto de contaminação, com base somente na análise dos aspectos construtivos e de manutenção. Poços considerados como em risco potencial alto de contaminação (18% do total) referem-se aos destituídos de selo sanitário, de tampa e de cerca no perímetro de proteção, construídos com materiais inadequados e por vezes exibindo perfurações ou trincas no revestimento. Aqueles em risco potencial médio de contaminação (33% do total) exibem um ou dois problemas mencionados, mas a presença de alguns aspectos favoráveis os torna menos susceptíveis.

Poços de pequena profundidade, normalmente com no máximo 40 metros, revestidos com PVC hidráulico ou de irrigação e perfurados em quase toda a sua extensão, são de ocorrência generalizada na área de domínio dos aquíferos granulares. De modo geral, não possuem laje de proteção ou cimentação do espaço anelar no intervalo superior.

O emprego de técnicas de construção de poços pouco apropriadas visando a redução do custo conduzem, muitas vezes, ao abandono quando começam surgir problemas tais como bombeamento de areia, grande quantidade de material em suspensão na água e presença de contaminantes devido à entrada de águas superficiais de baixa qualidade. Poços mal construídos, ou inadequadamente abandonados podem ser um conduto para a entrada e propagação de compostos e elementos nocivos e a penetração destes em zonas aquíferas naturalmente protegidas da contaminação. A má construção revela-se na ausência de selo sanitário, na falta de cimentação do espaço anelar, na seleção inapropriada da abertura dos filtros ou da granulometria do pré-filtro e no desenvolvimento ineficiente. Adicionalmente, um poço abandonado pode ser um receptáculo de dejetos e resíduos perigosos.

A existência de grande número de poços com sérias deficiências construtivas potencializa a vulnerabilidade natural dos aquíferos à contaminação decorrente de diversas atividades antrópicas. Sabe-se que os grandes centros urbanos ou áreas agrícolas importantes apresentam elevado potencial degradador da qualidade das águas subterrâneas.

Em zonas urbanas, os fatores que predisõem à introdução de elementos, compostos ou microorganismos nocivos no sistema aquífero referem-se, dentre outros, a: prática inadequada de disposição de resíduos, o lançamento de efluentes industriais no solo e nos cursos d'água, fora dos padrões regulamentados, a pequena abrangência do sistema de tratamento de esgoto ou falhas na rede coletora, a presença de fossas negras e ocorrência de vazamentos de tanques de combustíveis.

Dentre as atividades agrícolas que podem causar degradação da qualidade da água subterrânea a mais importante refere-se ao uso de fertilizantes e pesticidas. Os fertilizantes, constituídos de proporções variadas de fósforo, potássio e nitrogênio podem infiltrar-se para o aquífero e serem transportados junto com o fluxo subterrâneo. O nitrogênio, na forma de nitrato, representa o composto de maior preocupação por ser altamente tóxico e bem mais móvel que o fósforo em todas as suas diversas formas. Os pesticidas são formados por compostos orgânicos sintéticos, sendo muito persistentes e extremamente nocivos mesmo a baixas concentrações. Associado à prática agrícola há ainda o problema da degradação do solo por meio de alcalinização/salinização, devido à introdução sucessiva de água superficial, pela irrigação, em sistema aquífero de baixa permeabilidade e a conseqüente concentração dos sais dissolvidos na superfície do terreno em virtude da intensa evapotranspiração.

Pode-se deduzir pelo exposto que a proteção dos recursos hídricos subterrâneos requer a identificação de áreas e mecanismos através dos quais os poluentes podem entrar no sistema aquífero. Os terrenos agricultáveis localizados na porção central e nordeste da área, os centros urbanos mais expressivos e os pólos industriais, constituem áreas em que os aquíferos encontram-se mais propensos à contaminação, havendo portanto a necessidade de controle e fiscalização das atividades para que os impactos possam ser minimizados. Vale ressaltar que problemas de qualidade de água subterrânea são muitas vezes de difícil avaliação e detecção devido às heterogeneidades inerentes dos sistemas subterrâneos e muitas vezes só são diagnosticados quando um poço de suprimento de água para consumo humano é afetado.

## **A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

A gestão dos recursos hídricos no Estado do Espírito Santo é de competência da Secretaria de Estado para Assuntos de Meio Ambiente – SEAMA por meio da Coordenação de Gestão Integrada de Recursos Hídricos – COGIRH. As ações implementadas seguem os princípios estabelecidos na

Lei Estadual nº 5818/1998 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos definindo as diretrizes e os instrumentos de gestão.

Destaca-se a criação do Programa Estadual de Gestão das Águas – PEGA constituído de oito ações gerenciais que visam a preservação, controle, ampliação e integração do conhecimento a respeito dos recursos hídricos, o incentivo e orientação da gestão participativa e descentralizada por meio da criação dos Comitês de Bacias e o próprio fortalecimento institucional e das articulações interinstitucionais.

O foco principal das ações tem sido os recursos hídricos superficiais em face dos sérios conflitos de uso já instalados no Estado. A questão dos recursos hídricos subterrâneos encontra-se em avaliação para que se possa definir os princípios e critérios para estabelecimento da outorga de direitos de uso, um dos principais instrumentos de gestão e que funcionará como importante mecanismo de controle da perfuração dos poços e da exploração dos mananciais subterrâneos. Ressalta-se que a administração, proteção e conservação, especificamente das águas subterrâneas, foram contempladas na lei estadual 6295/2000.

## **CONCLUSÃO**

O uso da água subterrânea no Norte do Estado de Espírito Santo intensificou-se nos últimos anos em vista, principalmente, do aumento da demanda de consumo e da conseqüente redução das disponibilidades hídricas superficiais. A expansão das perfurações de poços tubulares tem-se processado de forma não controlada e o que é mais preocupante, com a utilização, muitas vezes, de técnicas totalmente inadequadas. Tal fato torna os aquíferos mais susceptíveis à contaminação uma vez que facilita a entrada e propagação de elementos e compostos nocivos a profundidades elevadas e em porções mais protegidas. O uso racional bem como a proteção e conservação qualitativa e quantitativa serão promovidas somente a partir do estabelecimento de um sistema eficiente de gestão integrada dos recursos hídricos. Recomenda-se que haja uma interação, na troca de informações, entre o órgão gestor de recursos hídricos e o órgão fiscalizador das obras de perfuração com vistas a coibir as práticas inadequadas na elaboração de projetos e na construção de poços tubulares.

Quanto à capacidade de produção por meio de poços tubulares, os estudos indicaram os aquíferos granulares, em especial aqueles relacionados à Formação Rio Doce, como os de maior potencial. No entanto, as vazões mostram variações em um amplo espectro, refletindo as heterogeneidades intrínsecas dos sedimentos. Este aspecto denota a necessidade, para a perfuração, de estudos detalhados, por vezes incluindo avaliação geofísica, de elaboração criteriosa do projeto construtivo e de execução das etapas de completação e desenvolvimento com bastante rigor técnico. Os aquíferos fissurados exibem, de modo geral, baixas vazões. Levantamento estrutural realizado

na área apontou a direção NS e de forma subordinada a direção NW de fraturamentos como as mais favoráveis ao armazenamento de água subterrânea. As vazões mais elevadas encontradas nos aquíferos fissurados tendem a associar-se a poços tubulares situados ao longo dessas estruturas.

Em relação aos aspectos hidroquímicos verificou-se que a condutividade elétrica é um parâmetro de grande amplitude de variação. Os maiores valores encontram-se próximo à costa, provavelmente relacionados à presença de sedimentos salinos ou ao avanço de cunha marinha, e no domínio dos aquíferos fissurados. Águas extraídas do aquífero relacionado à Formação Barreiras mostram pH ácido (média de 5,1) enquanto aquelas provenientes dos aquíferos fissurados são levemente ácidas a neutras (média de 6,5). Valores elevados de ferro, cor e turbidez são bastante frequentes e relacionam-se, em parte, a problemas construtivos e de manutenção dos poços.

A água subterrânea desempenha atualmente um importante papel no abastecimento de comunidades rurais e mesmo de zonas urbanas. O uso na irrigação é difundido, como fonte complementar de demanda, mas restringe-se ao período de estiagem. Os setores comerciais e industriais das grandes áreas urbanas (São Mateus e Linhares) utilizam-se, intensivamente, de poços tubulares. O uso para dessedentação animal ainda é pouco expressivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Costa, F.G. Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo, folha Rio Doce – SO. 1980. Belo Horizonte, s.ed., (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- Martin, L., Suguio, K., Dominguez, J.M.L., Flexor, J.M. 1997. *Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte; CPRM/FAPESP, 1997. 112p. (inclui mapas 1:200.000).
- MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal/FUNARBE – UFV – Fundação Arthur Bernardes. Relatório Parcial, 15 – Estudos Hidrológicos Básicos In: *Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias do Leste – Rios Mucuri, São Mateus, Itanhém (Alcobaça), Peruípe, Jucuruçu e Buranhém*. Viçosa; MMA/FUNARBE/UFV, 1998.v.1.
- Oliveira M.J.R. 2000. *Folha SE.24-Y-C-II e SE.24-Y-C-III (PARTE) Conselheiro Pena/ São Gabriel da Palha*. Belo Horizonte, COMIG/CPRM, 92p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil-Projeto Leste)
- Silva J.M.R., Lima M.I.C., Veronese V.F., Ribeiro Júnior R.N., Rocha R.M., Siga Jr. 1987. *Folha SE.24 Rio Doce. Geologia*. Rio de Janeiro, IBGE, p. 23-172, (Série Levantamento de Recursos Naturais, v. 34)
- Tuller M.P. (Org.). 1993. *Folha SE.24-Y-C-VI Colatina*. Brasília, DNPM/CPRM, 163 p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil)
- Vieira V.S. (Org.). 1993. *Folha SE.24-Y-C-V Baixo Guandu*. Brasília, DNPM/CPRM, 173p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil)