

ESTUDOS HIDROGEOQUÍMICOS E HIDROGEOLÓGICOS EM AQUIFEROS FRATURADOS NO NOROESTE FLUMINENSE: BACIA SUPERIOR DO CÓRREGO DO AÇUDE - DISTRITO DE RAPOSO - MUNICÍPIO DE ITAPERUNA.

André Luiz Mussel Monsores¹; Gerson Cardoso da Silva Junior²; Aléxis Rosa Nummer³;
Ana Carolina Mattar Villela Resende³

RESUMO

Na região de Raposo ocorrem águas minerais com grande variação hidroquímica, destacando-se águas carbogasosas, ferruginosas, sulfurosas e levíssima. Estas ocorrem em dois sistemas aquíferos principais, que podem estar intercomunicados entre si. O primeiro, poroso, ocorre localmente, associado a sedimentos aluvionares, predominando argilas com lentes arenosas. O segundo, aquífero fraturado, regional, é associado a rochas gnáissicas, granulíticas e graníticas. Ainda ocorrem outros sistemas relacionados a formações superficiais variadas, como exemplo, os depósitos de Tálus.

O estudo concentra-se na ocorrência das águas levíssimas, na bacia superior do córrego do Açude (BSCA), captada por um poço tubular. A correlação dos dados hidroquímicos das águas de chuvas com das águas subterrâneas permite analisar as condições de circulação e padrões hidroquímicos, além de favorecer a descrição dos volumes e fatores envolvidos na recarga dos aquíferos.

Na BSCA, ocorrem características únicas, a existência de sete poços tubulares, dois em operação, três paralisados, em condições de monitoramento; e dois aterrados, dentro da mesma bacia com 100 ha, delineia possibilidades muito interessantes. A bacia estudada chama a atenção pelo fato de ser fechada e elevada topograficamente em relação às áreas circunvizinhas, sendo aceitável inferir que a única entrada de água ao sistema é oriunda da precipitação pluviométrica.

Palavras chave: Aquíferos Fraturados, Hidrogeoquímica, Hidrogeologia

1 CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Departamento de Hidrologia; Av. Pasteur 404 - URCA - Rio de Janeiro. CEP 22290-240 / Tel: (21) 2546-0206 - monsores@rj.cprm.gov.br

2) Departamento de Geologia, IGEO, CCMN - bloco G, sala G1-041- UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, ILHA DO FUNDÃO, Rio de Janeiro. CEP: 21949-900 / Tel: (021) 2590-8091- gerson@geologia.ufrj.br

3) Departamento de Geologia, IA, LGA – UFRRJ – Universidade Federal Rural do Estado do Rio de Janeiro, Antiga Estr. Rio São Paulo, km 47 – Seropédica – Rio de Janeiro. CEP: 23890-000 / Tel: 2682-1650.

ABSTRACT

In Raposo's Region occur mineral waters with great hydrochemical variation, highlighting, CO₂, high iron, sulfurous and very light waters. These occur in two principal aquifer systems, which can be intercommunicated to each other. The first, porous, occurs locally, associate for alluvionar sediments, predominating clays with sandy lenses. The second, a fractured aquifer, regional, is associated with gneissic, granulitic and granitic rocks. Still occur other systems related the varied superficial formations, like example, Talus Deposits.

The study concentrates on occurrence of the light waters, in the superior basin of the Açude stream (BSCA), captivated by a tubular well. The correlation of the rainfalls waters with the groundwater hydrochemical data allows to analyze the circulation and standards hydrochemical terms, besides favoring the description of the volumes and factors involved in the aquifers recharge.

In BSCA, occur single characteristics , the existence of seven tubular wells, two in operation, three paralyzed, in observation terms; and two landed, inside the same basin with 100 ha, delineates very interesting possibilities.

The studied basin flame attention by the fact of being closed and elevated topographically regarding the neighboring areas, being acceptable to infer that the only water input to the system is arising of the rainfall precipitation.

INTRODUÇÃO

A área está localizada na região Noroeste Fluminense, no município de Itaperuna, mais precisamente no Distrito de Raposo (Figura 1). Está totalmente inclusa na Folha Eugenópolis, escala 1:50.000, editada pelo IBGE, tendo como limites aproximados as coordenadas UTM 7662500 e 7667500 Norte, 799600 e 799500 Leste, meridiano 39.

Considerando a malha hidrográfica local, a cabeceira do Córrego do Açude, denominada como Bacia Superior do Córrego do Açude (BSCA), drena para a direção leste em direção ao Córrego do Raposo, nas proximidades do Hotel Raposo. Este Córrego, por sua vez, drena na direção sudeste e a partir do Ribeirão São Vicente, convergindo para sul até a confluência com o Rio Muriaé.

A BSCA tem uma área de 991.622 m², com altitudes variando desde 766, no Morro do Brito, até 250 metros e o formato aproximado de um trapézio, com eixos de 1500 metros, na direção leste/oeste, e 1000 metros de extensão, na direção norte/sul.

O interesse pela região de Raposo deve-se a ocorrência de águas minerais com grande variação hidroquímica, destacando-se águas carbogosas, ferruginosas, sulfurosas e levíssima. Dentre as formas de uso podem ser ressaltados tanto o engarrafamento para consumo humano, como a utilização com fins terapêuticos, em balneários locais. Além da importância hidrogeológica,

a ocorrência destas águas tem inegável importância econômica servindo como atrativo para a intensa atividade turística, que mantêm toda a rede hoteleira e o comércio local.

Na região são identificados dois sistemas aquíferos principais, que podem estar intercomunicados entre si. O primeiro, poroso, ocorre localmente, associado a sedimentos aluvionares, com predominância de argilas com lentes arenosas. O segundo, aquífero fraturado, ocorre em toda a região associado a rochas gnáissicas, granulíticas e graníticas. Ainda ocorrem outros sistemas relacionados a formações superficiais variadas, que podem ser mapeados localmente, como exemplo, podem-se citar os depósitos de Tálus nos sopés dos morros de maior elevação.

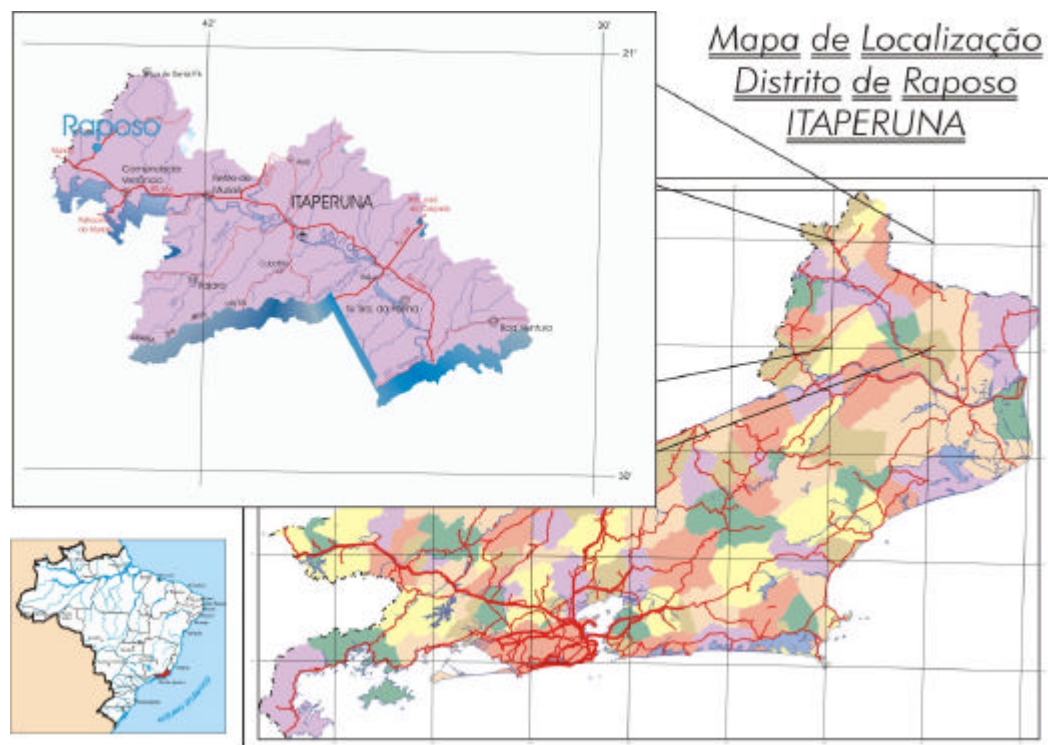


Figura 1 – Mapa de localização do Distrito de Raposo (Adaptado do Mapa Político do Rio de Janeiro, (CIDE, 1997)).

Apesar da grande variabilidade hidroquímica das águas, o estudo concentrou-se na ocorrência das águas levíssimas, na bacia superior do córrego do Açude. Esta fonte é captada por um poço tubular denominado de fonte Santo Antônio (P01). A correlação dos dados hidroquímicos, das águas de chuvas com os das águas subterrâneas permite analisar as condições de circulação e enriquecimento de determinados elementos químicos, além de favorecer a descrição dos volumes e fatores envolvidos na recarga dos aquíferos locais. A complexidade dos sistemas aquíferos descritos impõe condições de circulação da água subterrânea, que são únicas, compondo o panorama que define as diferenciações existentes.

A região de Raposo apresenta características únicas para o estudo de aquíferos fraturados. A existência de sete poços tubulares, dois em operação, três paralisados, todos com condições de

monitoramento, e mais dois aterrados, dentro da mesma Bacia Hidrográfica, com aproximadamente 100 ha, delinea possibilidades muito interessantes, que não poderiam ser desprezadas para o estudo.

A bacia hidrográfica estudada chama a atenção pelo fato de se tratar de uma bacia fechada e elevada topograficamente em relação às áreas circunvizinhas, sendo aceitável inferir que a única entrada de água ao sistema é oriunda da precipitação pluviométrica.

A pesquisa foi realizada dentro do Programa de Pós – Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com o apoio financeiro e logístico da CPRM – Serviço Geológico do Brasil e da Empresa Hidromineral Fluminense. Além disto contou com o apoio da UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UERJ - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, LAMIN – Laboratório de Mineralogia da CPRM, RESUB – Rede de Geotecnologia em Águas Subterrâneas, Gondwana Geologia e Consultoria Ltda, Solus Sondagens e Estudos Geotécnicos Ltda e Hidrosonda Ltda.

METODOLOGIA GERAL

A metodologia adotada no estudo da Bacia Superior do Córrego do Açude compreende a coleta de dados básicos e pesquisa bibliográfica, interpretação de imagens e dados obtidos por método de observação indireta, fotos – aéreas e geofísica (VLF), trabalhos de mapeamento de campo, geológico, estrutural, solos e geomorfológico. Foram realizados dois testes de bombeamento, e coletas de amostras de água ao longo do desenvolvimento do trabalho para a caracterização hidroquímica nos limites da bacia.

Os trabalhos e mapeamento em campo foram executados com apoio de interpretação de fotos aéreas, na escala 1:20.000 e 1: 60.000. A coleta de informações foi feita na escala 1:5000, para a área da BSCA e 1:25000 para o entorno. Os dados obtidos foram representados em mapas temáticos, com o auxílio dos softwares AutoCad 2000, Arc View 3.2 e Corel Draw.

Foram coletadas amostras de rocha, das quais 24 foram laminadas no laboratório da UFRRJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e feitas as descrições petrográficas. As demais foram descritas macroscopicamente.

As coletas de água para análise físico-química seguiram o padrão estabelecido pelo LAMIN-CPRM, sendo coletadas seis amostras de águas dos poços, quatro das nascentes e três das águas de chuvas.

Nos testes de bombeamento foram utilizados transdutores cedidos pela - RESUB - Rede de Geotecnologia em Águas Subterrâneas - e os demais equipamentos utilizados são próprios da equipe do projeto, consistindo em: escoador de orifício circular e medidores de nível elétricos. O pessoal de apoio foi cedido pela Empresa Hidromineral Fluminense e pela Hidrosonda Poços

Artesianos Ltda. Foram executados dois testes de bombeamento no poço P01, o primeiro escalonado com três etapas sucessivas e recuperação, o segundo foi realizado com a vazão constante e monitorada a recuperação, além da interferência com os poços vizinhos.

GEOLOGIA

As litologias da região de Raposo estão inseridas dentro da Unidade Raposo (Barbosa *et al.*, 1982) ou Unidade São Fidélis (Silva *et al.*, 2001). Na área da Bacia Superior do Carrego do Açude, BSCA, estas rochas afloram predominantemente nas escarpas do Morro do Brito, e no trecho a jusante da bacia, no Córrego do Açude. A análise macroscópica e de 24 (vinte e quatro) lâminas delgadas, definem basicamente cinco unidades litológicas principais: granada-biotita gnaïsse, granada hornblenda biotita gnaïsse, hornblenda gnaïsse, granulito máfico e feldspato alcalino granito, aqui denominado de leucogranito.

O Granada Biotita Gnaïsse predomina para norte de Raposo, apresentando contato tectônico ao norte e transicionais NE-SW nas proximidades da BSCA, com a unidade granítica basal. Na porção norte desta unidade ocorrem rochas milonitizadas, que podem ser individualizadas como uma seqüência mais deformada.

A unidade Granada Biotita Hornblenda Gnaïsse, em análise microscópica apresenta a seguinte composição mineralógica principal: quartzo, plagioclásio, ortoclásio, hiperstênio, hornblenda, granada. A textura geral é granonematoblástica, de fina a média (entre 0,05mm a 2,0mm).

Aparentemente, a unidade Hornblenda Gnaïsse estabelece uma relação direta com a unidade granada biotita gnaïsse e sua ocorrência está relacionada ao contato principal com a unidade Granulito máfico. No enquadramento regional, esta unidade compõe a unidade supracrustal da região composta por granada-biotita gnaïsse e granada-hornblenda-biotita gnaïsse.

As descrições petrográficas do Granulito Gnaïsse apresentam a textura geral granoblástica, de média a grossa (entre 0,15mm a 1,5mm). Esta unidade apresenta biotitas com evidências retrometamórficas nas bordas de hornblendas e biotita cloritizada.

Os Leucogranitos ocorrem como tipos rochosos homogêneos, isotrópicos, onde o afloramento padrão ocorre no ponto da nascente 01, muito fraturado. Possui aproximadamente 10 metros de extensão, apresentando aspecto brechado e zona silicificada na sua porção central.

Na base do Morro do Brito ocorrem depósitos de tálus, com espessura variada, sobrepostos às rochas descritas anteriormente (Figura 2). Ocorrem desde argilas até blocos de rocha de escala métrica em áreas de declividade alta.

Na parte central - leste da BSCA e nos bordos da área urbana do Distrito de Raposo ocorrem coberturas coluviais composta por blocos arredondados de quartzo ou do Granada biotita gnaïsse,

de tamanho centimétrico, com matriz argilosa a arenosa. A espessura destas coberturas é inferida a partir dos dados dos poços tubulares construídos na área, podendo atingir até 9 metros.

Os solos residuais ocorrem na maior parte da área abrangida pela figura 2. São oriundos da alteração *in situ* do Granada biotita gnaiss e leucogranito, apresentando espessuras variadas com até 15 metros, sendo mais comum serem mais delgados, com aproximadamente 3 metros. A granulometria destes terrenos varia de silto-argilo-arenosas para silto-areno-argilosas, sendo mais freqüente a primeira.

Os aluviões são predominantes nas partes planas e baixas na zona urbanizada de Raposo, variando composicionalmente e granulometricamente da base para o topo, desde areias médias, a areias finas e argilas cinzentas esverdeadas no topo, e as espessuras tendem a ser maiores próximo ao Córrego do Raposo.

Aspectos da Geologia Estrutural

A região de Raposo está inserida no ambiente geotectônico do Lineamento de Além Paraíba, descrito por Brenner *et al.* (1980). As foliações minerais, dadas pelas micas, principalmente biotitas, variam localmente, mas apresenta a direção predominante NE – SW a E – W, com caimento em torno de 60 a 80° para Sudeste - Sul.

São identificados na área vários sistemas de lineamentos, representados na figura 2. O Distrito de Raposo está localizado na junção entre dois grandes lineamentos, NE – SW e NW – SE. O primeiro é interpretado como uma zona de cisalhamento dúctil, associada às feições regionais do Lineamento Além Paraíba, reativada por esforços tectônicos rasos com comportamento rígido gerando zonas de fraturamento e falhamentos. A segunda, embora seja uma feição marcante na foto-interpretação, em campo é representada por pequenas fraturas sub-verticais, pouco penetrativas, com caimento de 70 a 75° NE.

Na área da BSCA, são definidos três sistemas de lineamentos principais, o primeiro N – S interpretado como um sistema de falhamento ou fraturamento com ângulo alto a intermediário. O segundo tem direção E – W a WNW – ESE interpretado como um sistema sub-vertical. O terceiro tem direção ENE – WSW a NE - SW, aparecendo no sul da BSCA e sendo interpretado como um sistema de falhamento ou fraturamento sub-vertical (Figura 2).

No ponto onde aflora a nascente 01 coincide a interseção de lineamentos do primeiro com o terceiro sistemas e ocorre uma rocha com composição granítica, foliação fraca e intensamente fraturada (Figura 2), cortada por uma falha concordante com a direção do terceiro lineamento. As medidas de campo mostram pelo menos três sistemas de fraturas penetrativas, o primeiro com medidas em torno de 190°/75° a 175°/SV ou 010°/75° (E – W).

Mapa Litológico e Lineamentos - Raposo

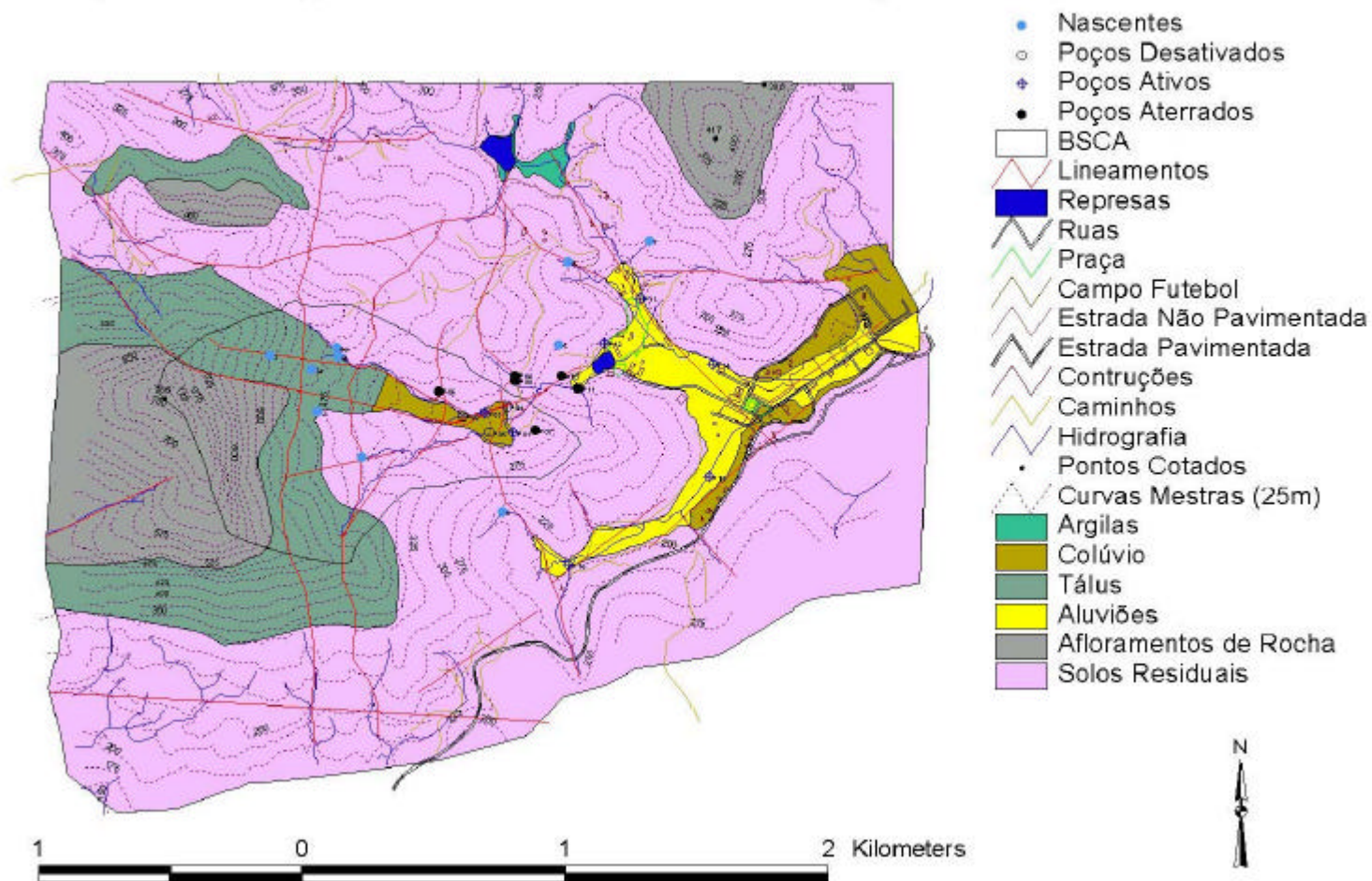


Figura 2 – Mapa Litológico e Lineamentos da Região de Raposo.

O segundo tem direção N – S, muito desenvolvido, com medidas em torno de $080^{\circ}/SV$, este sistema parece deslocar o anterior com rejeito de poucos centímetros (normal / transcorrente).

O terceiro é sub-horizontal, com medidas em torno de $045^{\circ}/15^{\circ}$, e parece deslocar os dois sistemas anteriores, também com rejeito de poucos centímetros (normal). Neste afloramento não foram encontradas estrias que servissem de orientação segura quanto ao sentido e direção da movimentação destas feições estruturais, que estão todas abertas.

Ocorrem de forma generalizada fraturamentos sub-horizontais abertos, persistentes e penetrativos, extensos, não tendo origem tectônica. Estes variam intensamente as direções, entretanto, predominam as próximas a $140^{\circ}/15^{\circ}$. São muito importantes para a circulação da água subterrânea e recarga para as estruturas mais verticalizadas, pois normalmente são abertos podendo servir para interconectar os outros sistemas de fraturas e falhas.

O lineamento ENE – WSW é uma falha, evidenciada em dois pontos, porém não foi possível identificar o componente de movimento desta estrutura. A princípio é postulado que seja uma falha transcorrente reativada por uma falha normal. A estrutura N – S é aceita como sendo predominantemente normal tendo caimento com ângulos intermediários a baixos, e a W – E como um sistema de falhamento predominantemente transcorrente.

GEOMORFOLOGIA

O Distrito de Raposo está localizado no encontro de dois lineamentos importantes na região, o primeiro com direção NE – SW e o segundo com direção NW – SE.

A Bacia Superior do Córrego do Açude, BSCA, tem a forma geral de um trapézio e é limitada a oeste por relevo escarpado, pelo Morro do Brito com 766 metros de altitude. A norte e a sul por morrotes alinhados no sentido E – W, com cumieiras arredondadas, decrescendo as altitudes para leste. A oeste é limitada por morrotes com alinhamento tendendo para NW – SE cortados pelo canal do Córrego do Açude, que drena para leste.

Na parte interna da BSCA, a escarpa do Morro do Brito, até aproximadamente a cota 550m, apresenta declividades altas variando de 50% até 40%. A declividade diminui para oeste, até atingir a cota de 275m, onde varia de zero a menos de 10%. O interior da BSCA apresenta o aspecto escalonado, de leste para oeste, formando degraus no sentido N – S, associados aos lineamentos com a mesma orientação.

O pico do Morro do Brito, com 766 metros, é o ponto mais elevado de Raposo. As cotas na área urbana do Distrito variam na ordem de 180 a 200 metros, mostrando uma variação de amplitude próxima a 500 metros. A BSCA encontra-se em uma área elevada topograficamente, aonde o ponto de saída do Córrego do Açude está na cota de 250 metros aproximadamente, e o Morro do Brito é ponto de maior altitude.

SOLOS

Na Bacia Superior do Córrego do Açude (BSCA) foram definidas, de forma expedita, cinco classes de solo com base em interpretação de fotos aéreas e observação de campo, não contando com a descrição detalhada de perfis de solos.

A primeira classe individualizada, Afloramentos de Rocha, representa as áreas onde ocorre a exposição direta do substrato rochoso, caracterizando a completa ausência de solos.

A segunda classe, neossolos litólicos, representa as áreas onde existe a formação de solos pouco desenvolvidos, rasos, diretamente sobre a rocha, ou sobre o horizonte C. A declividade é sempre superior a 20 %, associado às encostas do Morro do Brito.

Os Cambissolos, na BSCA, estão basicamente associados aos depósitos de tálus, onde se desenvolvem solos rasos, ricos em minerais primários e blocos e pedaços de rocha. Ocorrem no sopé do Morro do Brito, em locais com declividade entre 10 e 30%.

A ocorrência dos latossolos, de uma maneira geral está associada às áreas onde afloram os “solos residuais”. São solos profundos, intensamente lixiviados, podendo atingir espessuras superiores a 5 metros, de cor vermelha a vermelho – amarelada, e ocorrem em locais com declividade variável, mas normalmente inferiores a 20%.

Os Planossolos ocorrem na porção baixa da BSCA, restritos a uma pequena área próxima a calha do Córrego do Açude. São solos ricos em areia, apresentando horizonte eluvial sobreposto pelo horizonte “A” pouco espesso. Ocorrem na parte de menor declividade na BSCA, em torno de 10 %, e são difíceis de serem caracterizados, pois estão localizados onde a atividade humana é mais intensa, com desenvolvimento de plantio de frutas.

CLIMA

Segundo Nimer (1989), no Rio de Janeiro, as terras entre 150 e 700 metros estão no domínio climático subtropical, semi-úmido, com pelo menos quatro a cinco meses por ano de seca, incluindo a região de Raposo. Nestas regiões a menor frequência de temperaturas elevadas no verão e o predomínio de temperaturas amenas no inverno são devidas às altitudes.

O índice de chuvas para a região de Itaperuna varia de 1100 a 1300 mm anuais, segundo os dados da SIPE (1978). Segundo Brandão *et al.* (2000) estes valores são confirmados, indicando para a região de Raposo valores na ordem de 1300 mm ano.

No ano de 2000, foi instalado no pátio da Empresa Hidromineral Fluminense, no Distrito de Raposo, um pluviômetro Ville de Paris, em aço inox. A partir de outubro deste ano este pluviômetro começou a ser monitorado, estando os dados de chuva diários. A média de chuvas nos anos de 2001

e 2002 obtidas são respectivamente 1140,3 e 1246,8 mm, estando assim de acordo com os dados descritos, das estações no entorno.

HIDROGEOLOGIA

A região é caracterizada pelo predomínio de sistemas aquíferos fraturados, associados às rochas cristalinas. Capucci *et al.* (2001) citam que no Município de Itaperuna foram cadastrados 62 poços, com uma profundidade média de 55,8 metros e apresentando uma média de vazão de 6,03 m³/h, com a capacidade específica de 0,38 m³/h/m. A ocorrência de poços secos não foi considerada nos estudos desenvolvidos por estes autores, principalmente pela dificuldade em localizar estas informações.

Nos vales da região ocorrem depósitos aluvionares que têm associados aquíferos porosos livres. Ocorrem pacotes com até 30 metros de espessura restritos aos vales, encaixados entre morros e morrotes, ou em áreas amplas com grande extensão. Este sistema aquífero é importante dentro do contexto hidrogeológico, pois funciona como reservatório para a recarga do sistema aquífero fraturado sotoposto.

A variabilidade hidroquímica das águas subterrâneas é uma característica regional. Os fatores controladores desta diversidade certamente são o tempo de residência, a recarga, os tipos de solos e as litologias, sendo encontrados os padrões descritos abaixo:

A) Águas ferruginosas / sulfurosas - Ocorrem no sistema aquífero fraturado, sendo captado a profundidades em torno de 60 metros, segundo as informações contidas nos relatórios de construção dos poços.

B) Águas carbogasosas - captadas na Fonte Raposo, da Empresa Hidromineral Fluminense e Força Total, da Empresa Gomes Leão, ambas com profundidades em torno de 10 metros. Algumas hipóteses são postuladas a respeito da origem do gás carbônico nestas águas. Discute-se a idéia de que estas águas sejam de circulação profunda, e que o CO₂ dissolvido tenha associação com eventos vulcânicos/hidrotermais, outros especulam que o gás seja oriundo de dissolução de minerais carbonatados, associados à ocorrência de rochas calcáreas. Ambas as hipóteses são bastante improváveis, visto que não são condizentes nem com as condições geológicas, nem hidrogeológicas locais. É mais provável que a presença de CO₂ dissolvido na água venha de reações envolvendo as formações superficiais e argilas ricas em matéria orgânica, com a água proveniente das chuvas, que recarrega este sistema aquífero.

Reações químicas envolvendo a ação de bactérias do solo, com a conseqüente liberação de CO₂, associadas à presença de camadas de argilas que funcionam como isolantes da água carbogasosa com a superfície, parecem explicar melhor a gênese destas águas. A presença destas

argilas é fundamental, pois certamente o CO₂ seria liberado em contato direto com a atmosfera (Monsores & Dornelles, 2001).

C) Água Levíssima - captada pelo poço P01, Fonte Santo Antônio da Empresa Hidromineral Fluminense. Caracteriza-se por ser uma água com baixo resíduo seco, sendo classificada como fluoretada no DNPM. Na área de Raposo, o único poço tubular profundo que capta águas com este padrão hidroquímico é o P01, na BSCA, com a entrada d' água principal aos 42 metros. Nos demais poços a tendência é de ocorrerem águas ferruginosas.

O poço P01 (Figura 2) está localizado na parte baixa da BSCA, próximo a saída do Córrego do Açude. Neste ponto foram realizados dois testes de bombeamento, o primeiro, um teste escalonado e o segundo, um teste de aquífero (rebaixamento / recuperação), aonde foram monitorados os poços 02, 03, 04 e 05. No primeiro teste, em 05/09/1999, foi detectada uma interferência hidráulica com o poço 03 (poço do hotel), não sendo possível a sua quantificação. O segundo teste foi feito em 21/08/2000, com o objetivo de medir esta interferência, utilizando um transdutor de pressão no poço 03, que acabou por apresentar problemas e não registrou os dados de rebaixamento e recuperação do poço.

Foram identificadas seções, ou domínios, com características hidrodinâmicas diferenciadas. No extremo oeste da bacia, no Morro do Brito, as condições de circulação de água subterrânea podem ser consideradas como desprezíveis. O maciço rochoso, associado a coberturas de finas camadas de solo é determinante neste sentido.

Na área de ocorrência dos depósitos de tálus, a declividade acentuada pode ser compensada pela porosidade muito alta da formação, permitindo a infiltração relativamente rápida das águas das chuvas. Neste domínio ocorre a maioria das nascentes na área da BSCA. A presença de sistemas de fraturamento ou falhas abertas, abaixo destes depósitos, pode propiciar a recarga do sistema fraturado, por drenagem das águas das coberturas.

Na porção intermediária da BSCA, a declividade baixa em conjunto com solos relativamente permeáveis e espessos configura condições favoráveis à infiltração das águas das chuvas, descritos na figura 2 como solos residuais. Como consequência, a recarga das fraturas sobrepostas por estes solos tende a ser mais expressiva.

HIDROQUÍMICA

Tendo como objetivo compreender as relações existentes entre as águas subterrâneas da área de estudo, foram realizadas análises físico-químicas nos poços P01, P03 e nascentes 01, 02, 03 e 04. Além disto, para avaliar o aporte de íons pela recarga ao sistema aquífero foram realizadas análises das águas de chuva.

A primeira campanha de amostragem foi realizada no dia 15/03/2002, sendo coletadas amostras nos poços P01 e P03 (P01/1 e P03/1). No dia 20/05/2002 foram coletadas as amostras P01/2 e P03/2 e no dia 12/04/2003 as P01/3 e P03/3. A análise P01/0, datada de 29/09/2000, consta no processo de concessão de lavra da Fonte Santo Antônio (P01), sendo coletada por técnico especializado do próprio LAMIN, conforme as exigências da legislação de águas minerais em vigor.

As amostras de água das nascentes foram coletadas em uma única campanha, nos dias 12 e 13/04/2003, com a finalidade de comparar os resultados com as informações obtidas dos poços.

As amostras de chuva foram coletadas em 05/05/2002 (Chuv1), 14/12/02 (Chuv2) e em 18/02/2003 (Chuv3). As variações dos períodos de amostragem são importantes, pois podem influenciar nas concentrações dos íons. A amostra Chuv 1 foi coletada em um período de estiagem, e as amostras Chuv 2 e Chuv 3 em períodos de maior intensidade de chuvas.

Os resultados das análises são apresentados na forma de tabelas e gráficos, utilizando o software Microsoft Excel 2002, da Microsoft Corporation e Aquachem, versão 3.7, da Waterloo Hydrogeologic.

Balanço de Massas de Íons

A metodologia empregada no balanço de massas parte do princípio que alguns íons tem características conservativas nos ambientes de águas naturais, podendo ser utilizados como traçadores naturais. Neste caso, o aumento das concentrações destes traçadores seria condicionado predominantemente pela evapotranspiração, que retiraria água do meio aquífero e a restituiria a atmosfera.

Os principais íons utilizados com esta finalidade são o cloreto e o brometo, sendo necessária a atenção para a existência de fontes que criem aporte secundário, alterando as suas concentrações, como: a precipitação por evaporação, a exploração agrícola, aonde sejam feitas grandes retiradas de matéria orgânica da área e contaminações variadas por cunhas salinas marinhas, pela presença de rochas evaporíticas ou processos antrópicos que possam alterar as relações destes íons dentro do ciclo natural.

Na Bacia Superior do Córrego do Açude, BSCA, as variações das concentrações dos íons podem ser proporcionalmente grandes. Entretanto, devido às baixas concentrações, em valores absolutos são pequenas. O risco de embutir erros nestas condições é grande, porém algumas considerações podem ser feitas. Os teores de cloreto encontrados para as águas captadas nos poços são constantes, sem variações representativas da concentração, seja em relação a posição dos poços (especialmente) ou ao longo do tempo. Esse fato mostra que a circulação das águas no aquífero da BSCA tem uma tendência a homogeneização. A fonte de recarga é de água de chuva, não havendo

contribuições laterais significativas ou mistura de águas com padrões químicos e tempos de residência distintos. As chuvas, no entanto, apresentam uma significativa variação ao longo do tempo, dependendo da época em que ocorrem. Há, portanto, um efeito de amortecimento das variações do pulso de recarga.

As concentrações dos íons maiores, e a relação de cloreto Cl_A/Cl_{CH} , correspondendo a razão entre a concentração de cloreto nas águas subterrâneas (Cl_A) e a concentração de cloreto média na água das chuvas (Cl_{CH}), para as amostras Chuv1, Chuv 2 e Chuv3 são mostradas na tabela 1. A aplicação desta relação está condicionada a que o aumento da concentração do íon cloreto nas águas subterrâneas ocorra preferencialmente pela ação da evapotranspiração.

O produto das concentrações médias dos íons das águas de chuva pela relação Cl_A/Cl_{CH} , resulta na concentração esperada destes íons para as águas subterrâneas, se considerado apenas o aporte pela recarga (chuva), e o enriquecimento no aquífero pela evapotranspiração. Estes valores para as águas da BSCA estão mostrados na tabela 1, nos campos “Balanço”, em Balanço 1 foi utilizada a concentração média de cloreto das águas dos poços, em Balanço 2 foi utilizada a concentração de cloretos da nascente 01, em Balanço 3, a concentração da nascente 02 e assim sucessivamente para as demais nascentes.

A comparação dos valores obtidos pelo produto descrito acima, com os teores dos íons, obtidos por análise físico-química das águas dos aquíferos, mostra a contribuição iônica original da água de recarga (chuvas). Valores abaixo de 100%, indicam que a diferença foi completada por processos de dissolução, troca iônica ou outras formas de incremento que ocorrem no aquífero. Valores acima de 100% indicam que houve perda deste íon, seja por precipitação, troca iônica ou outros processos. O valor absoluto destas relações é de difícil definição. Os resultados devem ser encarados como uma forma de permitir comparações simples que auxiliam a compreensão das características de funcionamento do aquífero.

Os resultados encontrados mostram uma contribuição de 27,6% de cálcio para o poço P01 e de 22,4% para o poço P03, o restante é obtido por dissolução nos solos e rochas. Os resultados mostram que mais de 30% do potássio e mais de 20% do bicarbonato são oriundos da concentração de águas de chuva. O sódio e o sulfato têm um pouco menos de 20% de contribuição das chuvas e o magnésio aparece com aproximadamente 10%. O íon ferro tem valores de 18% para o P01 e 1,6% para o P03, mas esse resultado deve ser avaliado com cautela, pois a presença de ferro na água das chuvas não é comum.

Nos cálculos para as nascentes foram utilizados os valores das concentrações de cloreto da própria amostra. Assim, cabe chamar a atenção de que para cada nascente foi realizada apenas uma amostragem.

Tabela 1: Concentrações dos íons maiores, em mg/l e meq/l, das amostras da BSCA. A relação Cl^-_A/Cl^-_{CH} corresponde à razão entre a concentração de cloreto nas águas subterrâneas (Cl^-_A) e a concentração de cloreto média na água das chuvas (Cl^-_{CH}). Os valores contidos nos campos Balanço, numerados de 1 a 5 correspondem a concentração média dos íons das águas de chuva vezes a relação Cl^-_A/Cl^-_{CH} (Poços e Nascentes). Os campos identificados como “Relação ou Rel.” são as razões entre as concentrações dos íons das amostras das nascentes ou das médias das concentrações dos poços com os resultados dos campos Balanço. As concentrações de íons em azul foram calculadas, o fundo cinza significa que a concentração na amostra estava abaixo do limite de detecção da metodologia empregada na análise físico-química.

Íons	P01/0		P01/1		P01/2		P01/3		Médias P1		P03/1		P03/2		P03/3		Médias P3		Nasc1		Nasc2		Nasc3		Nasc4	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca ²⁺	9,66	0,48	8,07	0,40	7,07	0,35	4,50	0,22	7,33	0,37	7,51	0,37	8,21	0,41	11,30	0,56	9,01	0,45	1,95	0,10	1,57	0,08	1,05	0,05	2,38	0,12
Mg ²⁺	4,89	0,40	3,63	0,30	3,70	0,30	2,50	0,21	3,68	0,30	2,53	0,21	2,92	0,24	4,38	0,36	3,28	0,27	1,36	0,11	0,76	0,06	0,54	0,04	1,06	0,09
K ⁺	1,80	0,05	4,80	0,12	1,90	0,05	1,20	0,03	2,43	0,06	5,40	0,14	1,90	0,05	1,90	0,05	3,07	0,08	0,30	0,01	0,20	0,01	0,60	0,02	1,30	0,03
Na ⁺	5,57	0,24	6,20	0,27	5,50	0,24	4,20	0,18	5,37	0,23	6,00	0,26	5,80	0,25	5,70	0,25	5,83	0,25	2,20	0,10	4,30	0,19	3,10	0,13	4,50	0,20
Fe ²⁺	0,01	0,00	0,03	0,00	0,81	0,03	0,01	0,00	0,21	0,01	2,20	0,08	3,26	0,12	1,84	0,07	2,43	0,09	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00		0,17	0,01
SO ₄ ²⁻	23,30	0,49	19,70	0,41	23,40	0,49	8,40	0,17	18,70	0,39	12,40	0,26	12,10	0,25	26,30	0,55	16,93	0,35	0,30	0,01	0,50	0,01	0,30	0,01	0,10	0,00
HCO ₃ ⁻	37,92	0,62	30,88	0,51	37,70	0,62	32,70	0,54	34,80	0,57	32,46	0,53	44,00	0,72	38,70	0,63	38,39	0,63	17,30	0,28	16,00	0,26	10,50	0,17	23,40	0,38
Cl ⁻	1,71	0,05	1,94	0,05	1,87	0,05	1,76	0,05	1,82	0,05	1,90	0,05	1,83	0,05	1,91	0,05	1,88	0,05	1,01	0,03	2,29	0,06	2,78	0,08	1,90	0,05
Cl ⁻ /Cl ⁻ _{CH}	2,91		3,31		3,19		3,00		3,10		3,24		3,12		3,26		3,20		1,72		3,90		4,74		3,24	
Íons	Chuv1		Chuv2		Chuv3		Médias Chuva		Balanço 1		Balanço2		Balanço3		Balanço4		Balanço5		Rel. XB2/N1	Rel. XB3/N2	Rel. XB4/N3	Rel. XB5/N4	Relação Balanço 1 / Médias P01	Relação Balanço 1 / Médias P03		
									$\frac{[ion]_{CH} \times Cl^-_{PO}}{Cl^-_{CH}}$		$\frac{[ion]_{CH} \times Cl^-_{N1}}{Cl^-_{CH}}$		$\frac{[ion]_{CH} \times Cl^-_{N2}}{Cl^-_{CH}}$		$\frac{[ion]_{CH} \times Cl^-_{N3}}{Cl^-_{CH}}$		$\frac{[ion]_{CH} \times Cl^-_{N4}}{Cl^-_{CH}}$						%	%		
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	%	%	%	%	%	%		
Ca ²⁺	1,58	0,08	0,12	0,01	0,22	0,01	0,64	0,03	2,02	0,10	1,10	0,05	2,50	0,12	3,03	0,15	2,07	0,10	56,5	159,1	288,8	87,1	27,6	22,4		
Mg ²⁺	0,25	0,02	0,03	0,00	0,03	0,00	0,10	0,01	0,33	0,03	0,18	0,01	0,40	0,03	0,49	0,04	0,33	0,03	13,1	53,1	90,7	31,6	8,9	9,9		
K ⁺	0,70	0,02	0,10	0,00	0,10	0,00	0,30	0,01	0,95	0,02	0,52	0,01	1,17	0,03	1,42	0,04	0,97	0,02	172,2	585,5	236,9	74,7	39,0	30,8		
Na ⁺	0,80	0,03	0,10	0,00	0,10	0,00	0,33	0,01	1,05	0,05	0,57	0,02	1,30	0,06	1,58	0,07	1,08	0,05	26,1	30,3	51,0	24,0	19,6	18,0		
Fe ²⁺	0,03	0,00	0,00		0,00		0,01	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,06	0,01	0,04	0,00	29,5	126,6		22,3	18,0	1,6		
SO ₄ ²⁻	2,00	0,04	0,70	0,01	0,50	0,01	1,07	0,02	3,36	0,07	1,84	0,04	4,16	0,09	5,05	0,11	3,45	0,07	612,1	832,7	1684,8	3454,5	18,0	19,9		
HCO ₃ ⁻	3,27	0,05	1,90	0,03	2,50	0,04	2,56	0,04	8,07	0,13	4,40	0,07	9,98	0,16	12,12	0,20	8,28	0,14	25,5	62,4	115,4	35,4	23,2	21,0		
Cl ⁻	1,38	0,04	0,20	0,01	0,18	0,01	0,59	0,02	1,85	0,05	1,01	0,03	2,29	0,06	2,78	0,08	1,90	0,05	100,0	100,0	100,0	100,0	101,7	98,4		

A nascente 01 aparentemente é a que sofre maior influência das concentrações das águas das chuvas, ou aquela em que ocorrem menos processos de trocas iônicas e dissolução de sais nos terrenos. Os resultados mostram que ocorre a perda de potássio e sulfato, o cálcio tem a contribuição relativamente alta, de 56,5%, o sódio e o bicarbonato tem contribuições menores de 26,1% e 25,5% e o magnésio tem a menor delas, de 13,1%.

As demais nascentes apresentam um padrão de concentrações de sulfato muito baixo, podendo ser menores que as das águas de chuva. O potássio também mostra a tendência de concentrações baixas nas águas das nascentes, possivelmente pela baixa solubilidade dos minerais fonte deste íon. O magnésio, o bicarbonato e o sódio mostram concentrações maiores, sendo os primeiros incorporados às águas subterrâneas. A contribuição das águas das chuvas, aparentemente é menor para as concentrações destes íons. O íon cálcio apresenta a tendência de enriquecimento pequeno nas águas das nascentes, talvez por terem concentrações relativamente altas nas águas das chuvas.

Os teores de íons dissolvidos nas águas da Bacia Superior do Córrego do Açude (BSCA) são normalmente muito baixos. Em alguns casos ocorrem variações que são relativamente altas, porém, em valores absolutos podem ser pouco significativas. As concentrações baixas dos íons nas águas, aliadas ao fato da quantidade de amostras ser pequena, são fatores que prejudicam a análise e correlação dos resultados encontrados na BSCA.

O padrão hidroquímico encontrado para as águas dos poços tende a homogeneidade, apresentando resultados interessantes. A representação dos resultados das análises físico-químicas das águas dos poços no diagrama de Piper, figura 3, mostrou o predomínio de águas bicarbonatadas, levemente sulfatadas. São individualizados dois pontos de aglomeração dos resultados no diagrama, o primeiro envolvendo as amostras P01/0, P01/1, P01/2 e P03/3, com teores ligeiramente maiores de sulfato e o segundo, engloba as amostras P01/3, P01/1 e P01/2, além das amostras de chuva, Chuv2 e Chuv3.

A classificação geral das águas dos poços é $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$ e $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4$, com exceção da amostra P03/3, que está mais afastada do campo sódio, sendo classificada como $\text{Ca} > \text{Mg}$ e $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4$.

A análise dos resultados encontrados para os poços P01 e P03, enfocando a relação entre os cátions (Triângulo Ca-Mg-Na do diagrama de Piper, figura 3), mostra uma homogeneidade relativa grande. Existe uma pequena tendência dos resultados do poço P03 enriquecerem-se em cálcio e magnésio. As amostras do poço P01 mostram uma relativa homogeneidade, porém tendendo a diminuir as diferenças de concentração do cálcio em relação ao sódio e magnésio. Entretanto, os resultados das amostras do poço P03 têm um comportamento inverso, tendendo a aumentar as

concentrações e incrementando a influência dos íons cálcio e magnésio em relação ao sódio (Tabela 1).

A correlação para os ânions das amostras dos poços mostra que no triângulo HCO₃–SO₄–Cl do diagrama de Piper (Figura 3), a concentração dos resultados do poço P01 está próxima ao eixo HCO₃-SO₄ com teores intermediários, excetuando a amostra P01/3. Os resultados das análises do poço P03 se dispersam paralelamente a este mesmo eixo, dependendo das concentrações relativas de bicarbonato e sulfato, mas todas mantendo a mesma proporção com relação ao cloreto, que apresenta valores extremamente homogêneos, em todas as amostras.

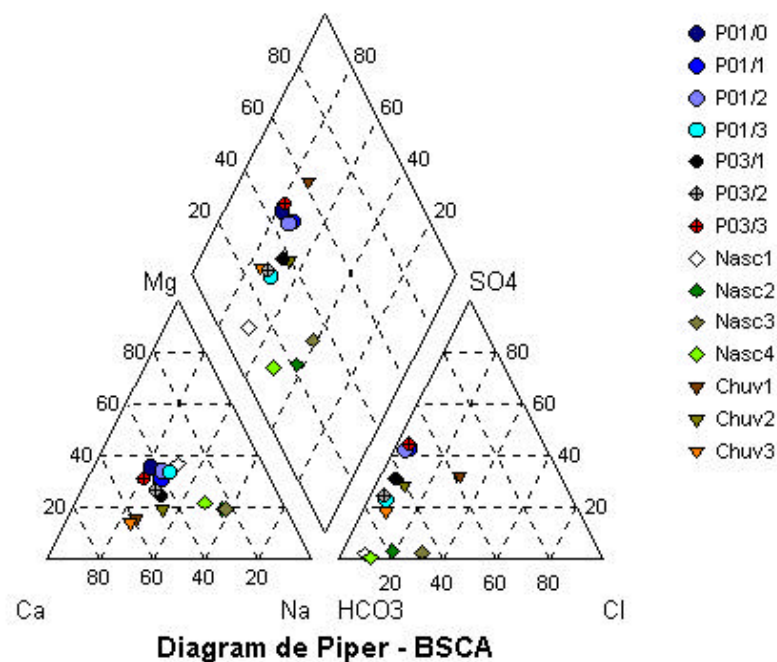


Figura 3: Diagrama de Piper. Estão representadas todas as análises químicas realizadas na área da BSCA.

As amostras das águas das nascentes formam um grupo disperso entre os campos de bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas sódicas. A nascente 01 pode ser classificada como Ca>Mg e HCO₃>SO₄, ou seja, similar às águas dos poços, porém com menor contribuição de sódio. As nascentes 02 e 04 estão coerentes com o padrão Na>Ca e HCO₃, e a nascente 03 pode ser classificada como Na>Ca e HCO₃>Cl.

Seguindo o mesmo raciocínio anterior, a análise dos cátions maiores das águas nas nascentes retrata o comportamento hidroquímico sódico – cálcico, para as amostras 2, 3 e 4. A relação entre os teores de Ca, Na e Mg, para a amostra 01 são similares aos das águas dos poços, com aumento proporcional dos íons cálcio e magnésio em relação ao sódio. No triângulo HCO₃ – SO₄ – Cl, relativo aos ânions no diagrama de Piper (Figura 3), as amostras das águas das nascentes estão

plotadas na base, empurradas para baixo pelos teores muito pequenos de sulfato, que chegam a ser menores que os encontrados nas águas das chuvas.

As águas das chuvas aparecem dispersas no diagrama de Piper (Figura 3), as amostras Chuv2 e Chuv3 coincidem com o campo das águas bicarbonatadas cálcicas - sódicas, e a amostra Chuv1 está condizente com o campo das águas sulfatadas-cloretadas. Os resultados são coerentes com as classificações $Ca > Na$ e $HCO_3 > SO_4 > Cl$, para a amostra Chuv1, $Ca > Na$ e $HCO_3 > SO_4 > NO_3$, para a amostra Chuv2 e Ca e $HCO_3 > SO_4$, para a amostra Chuv3.

No triângulo dos cátions, $Ca-Mg-Na$ do diagrama de Piper é evidente a tendência das águas de chuvas serem mais cálcicas. Neste mesmo diagrama, no triângulo HCO_3-SO_4-Cl , as amostras Chuv2 e Chuv3 tendem para o eixo HCO_3-SO_4 , enquanto a amostra Chuv1 está plotada próximo ao centro do diagrama.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O sistema aquífero da Bacia Superior do Córrego do Açude, BSCA, pela sua posição topográfica, somente recebe o aporte de água que provem da precipitação direta das chuvas. Esta característica garante algumas condições que são importantes para a avaliação dos padrões hidrogeológicos e hidroquímicos da área.

Para o estudo de aquíferos fraturados é sempre importante a noção dos condicionantes regionais, focados para a escala dos estudos que porventura tiverem sendo desenvolvidos. Por este motivo foi feito um estudo de fatores externos, denominados de exógenos, bem como dos intrínsecos ao aquífero. A identificação em campo de sistemas de fraturamento, e a medição destas estruturas ficam prejudicadas pela presença das coberturas de solos, por vezes espessas, condição característica de regiões com clima tropical a sub-tropical, onde o intemperismo químico das rochas predomina sobre o físico.

Entretanto, algumas estruturas puderam ser mapeadas e identificadas como importantes para o condicionamento hidrogeológico da bacia, principalmente os sistemas orientados no sentido E-W, ENE-WSW; N-S e NE-SW. Das rochas que ocorrem na região apenas o granada-biotita gnaiss, o granada-biotita-hornblenda gnaiss e os leucogranitos foram evidenciados dentro da BSCA. Tratando-se de uma seqüência supracrustal, em contato com outras intracrustais a sul e oeste (granulitos Máficos). As relações de contato podem ser gradacionais ou bruscas, sendo comum o controle da tectônica, tanto dúctil como rúptil.

A exposição destas rochas a superfície desencadeou processos de intemperismo químico e pedogênese fundamentais para as condições de circulação das águas subterrâneas na BSCA, nos dias atuais. Na porção oeste, onde está localizado o Morro do Brito foi descrita a ocorrência de afloramentos de rocha, expostos e sem coberturas, nas escarpas, com neossolos litólicos no topo.

Estas finas camadas de solo, pouco evoluídas, onde praticamente só pode ser identificado o horizonte A, cobrem diretamente os afloramentos de rocha. Nos sopés do Morro ocorrem depósitos de tálus, com uma intensa variação granulométrica, desde blocos de escala métrica até argilas. Os cambissolos ocorrem associados a estes depósitos, sendo nesta área também a ocorrência da maior parte das nascentes. Nesta parte da bacia, pela sua conformação morfológica, geológica e pedológica pode-se dizer que a circulação e acúmulo da água subterrânea se dá apenas onde ocorrem os depósitos de tálus, sendo insignificante na área de afloramentos de rocha e neossolos litólicos.

Com a diminuição da declividade ocorrem coberturas de solos residuais, que na área da BSCA, correspondem à ocorrência de solos bastante evoluídos, onde os processos de lixiviação de bases foi intenso, favorecendo a concentração, “no resíduo”, de sesquióxidos, ferro e alumínio, menos móveis sob estas condições (latossolos). São bastante permeáveis, o que favorece a infiltração das águas das chuvas e conseqüentemente a recarga dos aquíferos. A influência no aporte de íons para as águas é pequena, pois devido ao processo de lixiviação intenso são originariamente empobrecidos em bases trocáveis, como cálcio, magnésio e sódio. Obviamente que o processo de lixiviação foi ocasionado pela percolação de águas em tempos relativamente recentes, pela evolução da pedogênese na área. Caso o sistema aquífero fosse extenso, e as águas tivessem um tempo de residência grande, possivelmente estes íons ainda estivessem enriquecendo as concentrações das águas em algum ponto do aquífero. Entretanto, as características são de circulação mais rápidas, o que provoca o carreamento dos íons para outros ambientes, e o constante rejuvenescimento das águas subterrâneas pela água das chuvas.

Nas áreas planas e topograficamente mais baixas da BSCA ocorre o planossolo. A característica é de solos hidromórficos, com horizonte B textural, e restrição de drenagem, principalmente devido a característica argilosa deste horizonte. Entretanto, dependendo das espessuras dos horizontes acima, “A” e “E”, e das quantidades de chuva, a sua área de ocorrência pode ser interpretada como favorável a infiltração das águas de chuva. A questão é que o fato de serem hidromórficos (influência do nível d’água no processo de formação do solo, nível d’água relativamente raso) pode estar indicando que não existe aporte de água para fraturas abaixo das camadas de solos, ficando retida na interface solo – rocha.

O estudo dos fraturamentos foi executado através da análise dos elementos aflorantes. Desta forma, apenas com base nos dados de campo, na foto – interpretação e comportamento das interferências entre poços, os sistemas N-S e ENE-WSW parecem ser os mais promissores para a circulação das águas subterrâneas na BSCA.

Como já dito, a morfologia, associada com as litologias e solos são determinantes nas condições de fluxo e caráter hidroquímico das águas da bacia. As nascentes, que são

topograficamente mais elevadas apresentam condições de recarga e circulação diferenciadas dos poços. Dentro da escala regional, pode se considerar que estas águas estejam dentro de um mesmo meio, porém na análise de detalhe podem ser separadas em sistemas com circulações distintas.

A influência dos solos na hidroquímica das águas é evidente, sendo bem caracterizada pelo resultado da amostragem nas nascentes. Na nascente 01, o teor de sódio tende a ser menor ou igual ao de cálcio, o que não é característico de regiões onde ocorram rochas graníticas. Porém, a ocorrência dos latossolos é condizente com este padrão químico, como já explicado, pela baixa capacidade de troca iônica desses solos.

As demais nascentes estão localizadas ou nos cambissolos, ou nos seus limites com os latossolos. Estes solos são mais imaturos, proporcionando a ocorrência de processos de troca iônica, onde principalmente o íon cálcio e em menor quantidade o magnésio são trocados pelo sódio, mostrando um padrão coerente com terrenos de rochas graníticas.

O íon sulfato apresenta concentrações menores nas águas das nascentes do que na própria água das chuvas. As reações em níveis rasos do solo tendem a consumir sulfato pela ação de bactérias redutoras podendo acarretar esta queda na concentração deste íon. Nos poços esta tendência de queda não é observada, apesar destas reações ocorrerem. Possivelmente ocorre o enriquecimento de sulfato em níveis pouco mais profundos, pelas reações químicas envolvendo minerais como sulfetos.

O padrão hidroquímico das águas das nascentes mostra a característica de circulação rápida associadas aos níveis de solo, depósitos de tálus e solos residuais que ocorrem na BSCA. Não existem características que apontem para circulações em maior profundidade. Não existem pontos onde pudesse ocorrer a recarga de nascentes nestas cotas, senão nas próprias encostas do Morro do Brito.

O fato de algumas destas nascentes, apesar de diminuírem a vazão em períodos de estiagem não secarem totalmente, mostra que os depósitos de tálus têm uma capacidade de armazenamento boa, combinado com uma taxa de infiltração das águas de chuva alta, apesar da declividade elevada.

As águas das chuvas mostram algumas características que valem a pena serem ressaltadas. A influência dos períodos de estiagem e chuvas nos cátions é marcante, sendo visíveis as diferenças entre as amostras CHUV1 e as duas restantes, coletadas em época de maior incidência de chuvas.

As características hidroquímicas das águas dos poços são peculiares. O primeiro fator a ser analisado são as baixas concentrações, que demonstram a falta de capacidade do meio em prover de íons a essas águas. A concentração dos cloretos, em todas as amostras foi praticamente igual, dentro deste aspecto, mostrando uma tendência de homogeneidade para estas águas. Este padrão afasta a possibilidade que ocorram misturas de águas diferentes, ou com tempos de residência muito

distintos nas águas captadas em um dos poços. Se acontecerem processos deste tipo, acontecem em mesma intensidade para as áreas de influência de ambos os poços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A. L. M.; LIMA, E. C. V. S.; GROSSI SAD, J. H.; ALVES, M. R.; BALTAZAR, O. F.; 1982. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Varre – Sai, Eugenópolis, Itaperuna e Miracema. Relatório Final, Geosol Ltda / DRM - RJ. V. 1, texto. 262p.
- BRANDÃO, A. M. P. M.; SILVEIRA JUNIOR, D. R.; TAVARES, J. C.; DANTAS, M. E.; 2000. Mapa de Isoietas Totais Anuais do Estado do Rio de Janeiro. CPRM, DRM/RJ, Escala 1:500.000.
- BRENNER, L. T.; FERRARI, A. L.; PENHA, H. M.; 1980. Lineamentos Estruturais do Nordeste do Estado do Rio de Janeiro, XXXI Congr. Bras. Geol., Anais, Camburiú, Santa Catarina, SBG, V. 5, p 2551 -2564.
- CAPUCCI, E. B.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M.; 2001. Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas – Orientação aos usuários. Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ. 70p.
- CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro; 1997. Mapa Político do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:450.000.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R.; 1983. Hidrología Subterránea. 2ed. Barcelona: Ed. Omega, 2.v.
- MONSORES, A. L. M.; DORNELLES, L. C. G.; 2001. Área e Perímetro de Proteção da Fonte Carbogásosa – Água Mineral Raposo. Relat. Interno, 23 p.
- NIMER, E.; 1977. Descrição, Análise e Interpretação Conceitual do Sistema de Classificação de Climas de C. W. Thornthwaite. Rev. Bras. Geografia, Rio de Janeiro, ano 39, nº 1, Jan-Mar. p 87-109.
- NIMER, E.; 1989. Climatologia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 422p.
- SILVA, L. C.; 2001. Geologia do Estado do Rio de Janeiro – Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1:500.000, Rio de Janeiro, CPRM.
- SIPE – Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro; 1978. Indicadores Climatológicos do Estado do Rio de Janeiro. 156 p.