



Aspectos da circulação da água no Aquífero São Sebastião

Marilene Regina Caruso Leão* (CRA-BA, CPGG/UFBA), Antônio Expedites Gomes de Azevedo (CPGG/UFBA)

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

An isotopic tracers study has been done in order to understand some aspects of the groundwater dynamic in the São Sebastião aquifer, in Camaçari region, Bahia. The aims were to evaluate the water residence time in the aquifer and its discharge in the hydrographic basins that flow on the East limit of the Recôncavo Sedimentary Basin, near the Salvador Fault. The ^{14}C specific activity existent in dissolved carbonates and the ^{222}Rn concentration were determined in ten samples of groundwater from producing wells. The ^{222}Rn concentrations were also measured in 19 surface water samples from the hydrographic basin of Capivara Grande, Capivara Pequena e Imbassaí streams.

The range of the specific activity of ^{14}C in the groundwater samples varied from 71,5 to 7,0 percent of modern carbon, corresponding to groundwater residence time from recent to about 20.000 years in the aquifer. It was observed stratification within the aquifer, with residence time increasing with depth. The ^{222}Rn concentration in the samples varied from 100 to 690 dpm/L.

The ^{222}Rn concentration in the surface water is similar to the characteristics groundwater values only in the upper part of the streams investigated. In the segment where the Capivara Grande stream flows close to the Salvador Fault, the Recôncavo Basin East border, these values are very low, and do not indicate discharge from the São Sebastião aquifer in that region.

Introdução

Este estudo pretende aprofundar algumas informações sobre a dinâmica do fluxo de água subterrânea na Formação São Sebastião, principal aquífero do Sistema Recôncavo, nas proximidades do limite tectônico Leste da Bacia Sedimentar do Recôncavo, ao longo da Falha de Salvador, na região da planície costeira de Arembépe, litoral Norte de Salvador, Bahia.

A área de trabalho é composta por rochas metamórficas do embasamento cristalino, rochas sedimentares da Bacia do Recôncavo e por sedimentos quaternários marinhos e continentais. O embasamento, encontrado no âmbito do Alto de Salvador, limite Leste da Bacia do Recôncavo, possui um padrão estrutural com um sistema de fraturamento de direção NE-SW e outro com orientação quase E-W. A Bacia do Recôncavo foi preenchida por sedimentos juro-cretácicos englobados no Supergrupo Bahia.

O Grupo Massacará, de idade cretácica, é representado somente pela Formação São Sebastião, caracterizada por intercalações de espessos bancos de arenitos, de granulometria variada, e camadas de folhelhos e siltitos.

A Formação São Sebastião é um importante aquífero na Região Metropolitana de Salvador que vem sendo intensamente aproveitado para abastecimento doméstico e industrial. Por vezes, a depender das características físico-químicas, a água é classificada como mineral, e explorada comercialmente. Forma, juntamente com a Formação Marizal e a Formação Barreiras, um sistema aquífero definido por Lima (1995) como Recôncavo. O embasamento cristalino fraturado, seu solo residual e também a Formação Barreiras formam o outro sistema aquífero da região (Sistema Cristalino).

Objetivou-se pesquisar o tempo de residência da água no aquífero São Sebastião e a ressurgência de água subterrânea do Sistema Recôncavo na borda Leste da Bacia Sedimentar, ao longo do limite tectônico representado pela Falha de Salvador. Em geral, a conexão hidráulica entre os dois sistemas aquíferos não é observada, tendo em vista a presença dos fanglomerados da Formação Salvador, quase impermeáveis, que se interdigitam com a Formação São Sebastião.

Empregou-se o isótopo 222 do radônio como traçador isotópico visando identificar a descarga de águas subterrâneas em águas superficiais. A atividade específica do ^{14}C foi utilizada para se obter o tempo de residência da água subterrânea nos reservatórios.

Foram feitas quatro campanhas de amostragens de águas superficiais em 19 pontos de coleta (em abril, agosto, setembro e outubro de 2000), distribuídos pelas bacias hidrográficas dos rios Capivara Grande, Capivara Pequena e Imbassaí, tributários do Rio Jacuípe, litoral Norte de Salvador. Quanto às águas subterrâneas, empregaram-se amostras de dez poços de produção localizados no Pólo Petroquímico e nas localidades de Fazenda Machadinho (Camaçari) e Jordão (Guarajuba).

Métodos

Os métodos empregados nesse estudo foram a determinação de radônio dissolvido na água e a atividade específica do radiocarbono em água subterrânea.

O ^{222}Rn é um gás nobre solúvel em água, com meia-vida de 3,8 dias. É um emissor alfa pertencente à série radioativa do ^{238}U . Origina-se diretamente do decaimento α do ^{226}Ra , e decai para o ^{218}Po .

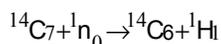
A concentração do radônio 222 em água subterrânea é controlada pela abundância e distribuição do ^{226}Ra na matriz do reservatório, pela eficiência de emissão do ^{222}Rn da matriz da rocha e pelas características físicas que determinam o fluxo de água subterrânea no aquífero.

Sua atividade na água é geralmente muitas vezes superior à atividade do rádio dissolvido na água. A sua atividade na atmosfera é quase nula. Assim, a água subterrânea, ao ressurgir nos corpos d'água superficiais, perde o ^{222}Rn nela contido que escapa para a atmosfera através da interface ar-água, decrescendo rapidamente dessa maneira a concentração desse isótopo em superfície.

O uso do isótopo 222 do radônio como traçador isotópico com vistas a se determinar o local e a quantidade da ressurgência de água subterrânea em corpos hídricos superficiais foi proposto por King et al. (1982) apud Lee e Holliday (1991). A descarga de água subterrânea em corpo de água superficial resulta em aumento da atividade do ^{222}Rn , podendo-se portanto determinar o local e a quantidade dessa contribuição medindo-se a atividade desse nuclide em um rio.

O carbono é um dos mais abundantes elementos e o mais importante da biosfera, sendo encontrado também na crosta da Terra, na sua hidrosfera e na atmosfera. Possui três isótopos na natureza: ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C . A razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ é da ordem de 0,01, com pequenas variações devidas a processos físico-químicos e biológicos de troca. O isótopo pesado, o ^{14}C , é muito menos abundante, sendo a razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ de aproximadamente 10^{-12} .

O ^{14}C é formado na alta atmosfera por reações nucleares entre neutrons secundários, oriundos das interações dos raios cósmicos com a atmosfera, e os isótopos estáveis do nitrogênio, oxigênio e carbono. A mais importante é aquela com o nitrogênio, do tipo neutron-próton:



Após a sua produção, os átomos de ^{14}C são oxidados e misturados às moléculas de CO_2 atmosférico, distribuindo-se então nos diversos reservatórios, apresentando cada um valores distintos para a radioatividade específica (Flexor, 1972).

Contudo, a atividade específica do radiocarbono na atmosfera não é constante devido a dois fatores:

- naturais - oscilações na atividade solar, causando variação na intensidade do fluxo de prótons dos raios cósmicos;
- antropogênicos - introdução de CO_2 inerte na atmosfera originado de combustíveis fósseis (Efeito Suess), diminuindo a atividade específica, e o efeito termonuclear ocorrido no final dos anos cinquenta e início dos sessenta, decorrente dos testes nucleares na atmosfera, que levaram a uma duplicação da atividade específica do ^{14}C naquele período.

O ^{14}C possui meia-vida de 5730 ± 50 anos (NBS, 1961), sendo empregado para se determinar o tempo de residência de água subterrânea num reservatório e também áreas de recarga (Cabral, 1978).

A atividade de referência considerada como cem por cento moderna é baseada no padrão de referência do ácido oxálico produzido pelo NIST (SRM4990C) definida

como 0,7459 vezes a atividade específica desse padrão, normalizada a um $\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$ em relação ao PDB.

A idade aparente das amostras de água subterrânea foi calculada pela expressão:

$$T = \frac{5730}{\ln 2} \left(\frac{A_0}{A} \right)$$

onde A_0 é a atividade específica inicial considerada como característica para a água recentemente introduzida neste aquífero e A é a atividade específica na amostra. A água subterrânea pode ter a atividade do radiocarbono reduzida em consequência da introdução de carbono fóssil decorrente da dissolução de carbonatos das rochas por onde percola.

Resultados

A atividade específica do ^{14}C nas amostras de água subterrânea (figura 1) variou de 7 a 72% de carbono moderno, indicando tempo de residência variando de recente a cerca de 20.000 anos, conforme mostram as figuras 2 e 3.

Para o cálculo das idades aparentes, adotou-se a porcentagem de carbono moderno encontrada no ponto EMB1, como sendo a atividade inicial de referência. Nesse ponto, os arenitos da Formação São Sebastião são aflorantes, e a captação no poço é feita em níveis mais próximos à superfície. Ou seja, a atividade do radiocarbono encontrada nesse ponto foi considerada como o retrato da atividade ^{14}C que hoje infiltra no aquífero. A região então é possivelmente área de recarga do aquífero, resultado a que chegou Nascimento (1999), em estudo com isótopos estáveis.

Os poços da região do Pólo Petroquímico de Camaçari, forneceram as amostras de água em que se mediram as menores atividades do radiocarbono (COP5 e COP10), o que evidencia a predominância da captação de água em maiores profundidades, devido ao grande rebaixamento no nível piezométrico no aquífero São Sebastião em consequência da intensa exploração a que é submetido nessa área industrial.

A amostra de água do Jorinho (JOR), um poço estratigráfico da Petrobrás, surgente até a época da coleta para esse estudo, teve a segunda menor porcentagem de carbono moderno. Esse poço, situado mais próximo da Falha de Salvador, com 2.300 m de profundidade, possuía captação de água provavelmente em níveis inferiores a 350 m, fato que pode explicar inclusive o seu termalismo. Dois outros poços junto a esse tiveram atividade específica do ^{14}C bem elevada, já que são bem mais rasos, com 280 m de profundidade, além de terem sido identificadas, nos perfis de poço, entradas de água de vários níveis, a partir de cerca de 80 m de profundidade.

As concentrações de ^{222}Rn dissolvido na água subterrânea variaram de 104 a 690 dpm/L (média de 426 dpm/L), valores compatíveis com o que se espera para aquíferos granulares, bem inferiores àqueles referentes a aquíferos fraturados em rochas metamórficas e ígneas. Essas medidas são importantes parâmetros para a análise do teor desse nuclide em águas superficiais.

Costa (2001) encontrou média semelhante (432 dpm/L) para a atividade desse nuclídeo em poços do Pólo Petroquímico de Camaçari. Aquíferos fissurais apresentam valores da ordem de 4.500 dpm/L, como exemplificam as medidas feitas por Costa op.cit no município de Ipirá, Bahia. A figura 4 ilustra os resultados encontrados.

Os resultados encontrados para a distribuição do ^{222}Rn nas sub-bacias estudadas são mostrados nas figuras de 5 a 8. Observa-se que, à exceção da sub-bacia do Rio Imbassaí, que corre sobre os sedimentos da Formação Marizal, os pontos coletados nas outras bacias hidrográficas, quando sobre rochas sedimentares da Bacia do Recôncavo, evidenciam a existência de descarga de água subterrânea oriunda da Formação São Sebastião.

À Leste da Falha de Salvador, sobre terrenos pré-cambrianos, essa ressurgência já não é tão clara, conforme demonstram os valores obtidos nos pontos coletados ao longo do Rio Capivara Grande, na planície de Arembépe. À exceção de um ponto, o CG4 (onde se deve ter contribuição do embasamento fraturado), localizado num pequeno afluente do Rio Capivara Grande, todos os outros pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas, indicam que não há transferência do Sistema Recôncavo para o Cristalino.

Conclusões

Os resultados obtidos com a medida da atividade específica do radiocarbono nas águas subterrâneas apontam para a existência de estratificação no Aquífero São Sebastião, com tempo de residência aumentando com a profundidade de captação. As numerosas falhas que seccionam toda a bacia limitam a interconexão hidráulica devido possivelmente a justaposições de litofácies arenosas e mais argilosas. Esse contato lateral de horizontes distintos pode configurar um confinamento hidráulico, evidenciado pelas elevadas idades aparentes.

Os valores encontrados para a concentração de ^{222}Rn nas amostras de água subterrânea são compatíveis com o esperado para aquíferos granulares.

A concentração de ^{222}Rn nos pontos de amostragem de água superficial só apresenta valores mais altos nos pontos do início da drenagem das sub-bacias estudadas, decorrentes de alimentação provinda da Formação São Sebastião, não indicando saída de água subterrânea da Formação São Sebastião ao longo da Falha de Salvador. A dinâmica da drenagem superficial é dominada pelo aquífero livre e pela interação das precipitações com a zona saturada.

Agradecimentos

À Capes, pelo apoio na forma de bolsa. Ao pessoal técnico do LFNA, em particular a Alexandre Barreto Costa, por sua imprescindível colaboração.

Referências

Cabral, F.C.F. (1978) O uso dos isótopos do carbono no estudo das águas subterrâneas do calcário Bambuí – região central da Bahia, Dissertação de Mestrado, UFBA, Salvador;

Costa, A. B. (2001) Radioatividade alfa e radiocarbono em águas subterrâneas no estado da Bahia, Dissertação de Mestrado, UFBA, Salvador;

Flexor, J-M (1972) Medida de radioatividade específica $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$: aplicação ao estudo do comportamento dinâmica do carbono no solo, Tese de Doutorado, USP, São Paulo;

Lee, R. W. e Holliday, E. F. (1991) Use of radon measurements in Carters Creek, Maury County, Tennessee, to determine location and magnitude of groundwater seepage, In: L. S. Gundersen e R. B. Wanty, eds., *Fields studies of radon in rocks, soils and water*, vol. 1971, U. S. Geological Survey;

Lima, O A L. (1995) Condições geohidrológicas e geotécnicas na região Metropolitana de Salvador, In: *Planejamento Ambiental para Salvador – Documentos Preliminares*, Prefeitura Municipal de Salvador;

Nascimento, K. R. F. (1999) Estudo isotópico e hidroquímico de aquíferos no Pólo Petroquímico da Bahia, Dissertação de Mestrado, UFBA, Salvador.

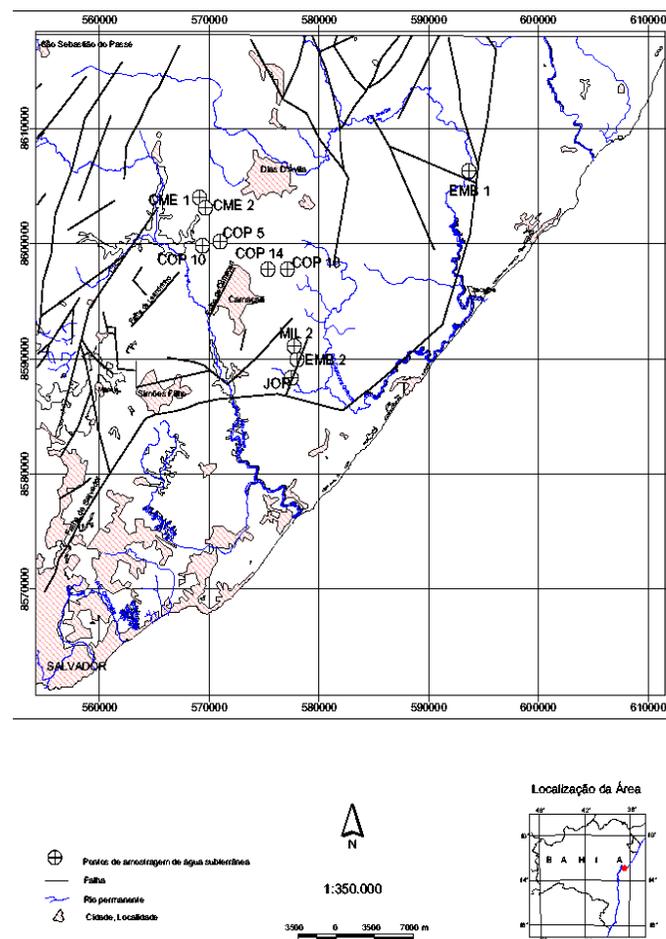


Fig1: Pontos de amostragem de água subterrânea.

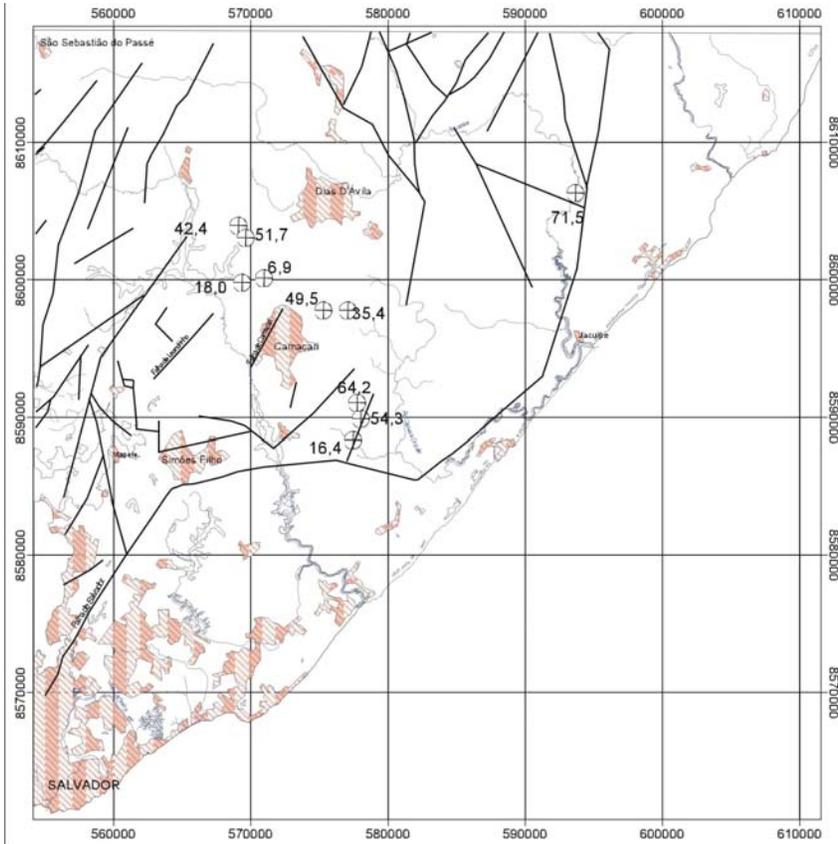


Fig.2: Atividade específica do radiocarbono das amostras de água subterrânea em pmc.

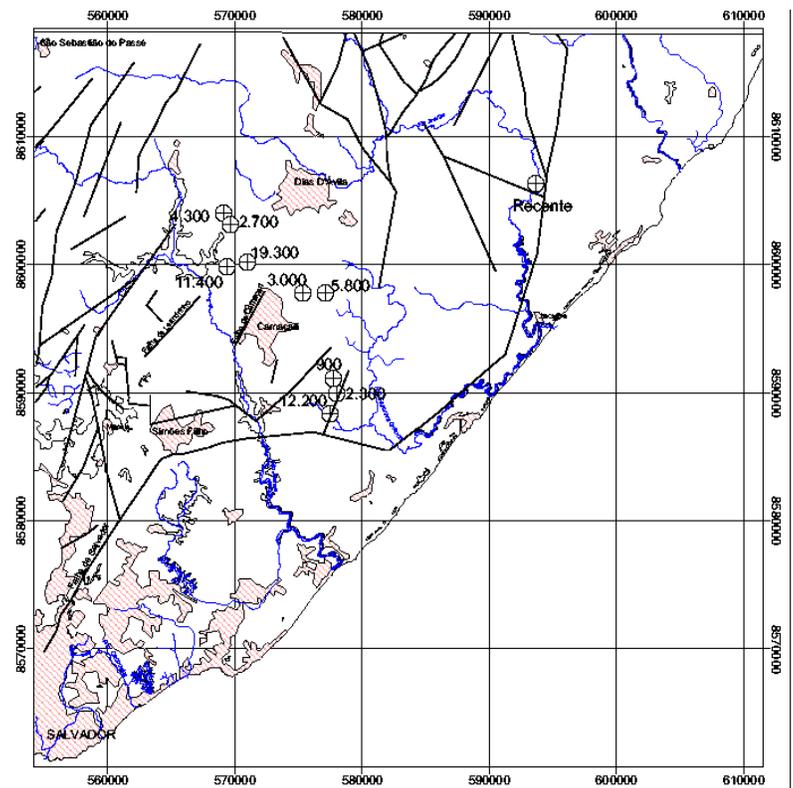


Fig.3: Tempo de residência das amostras de água subterrânea em anos.

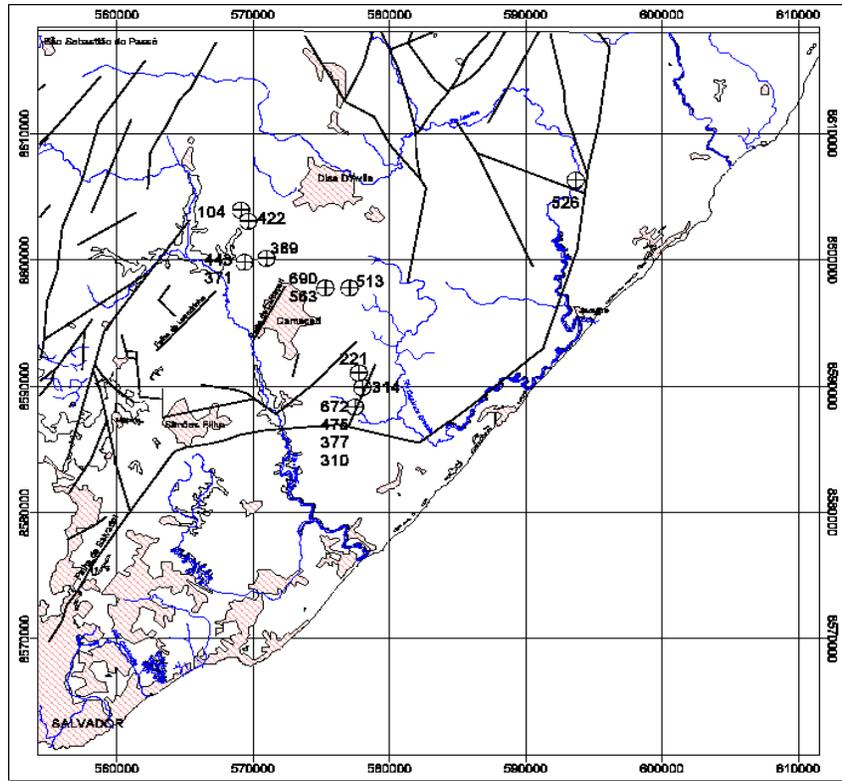


Fig.4: ^{222}Rn dissolvido nas amostras de água subterrânea

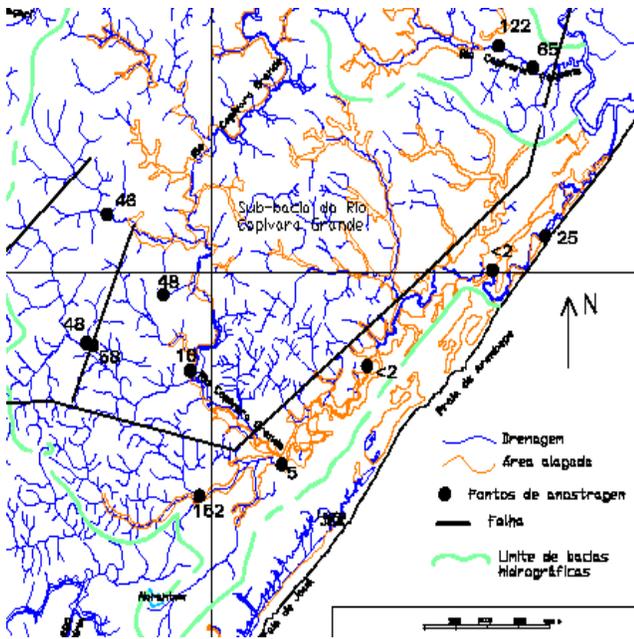


Fig.5: Distribuição de ^{222}Rn nas sub-bacias dos rios Capivara Grande e Capivara Pequena em abril/2000.

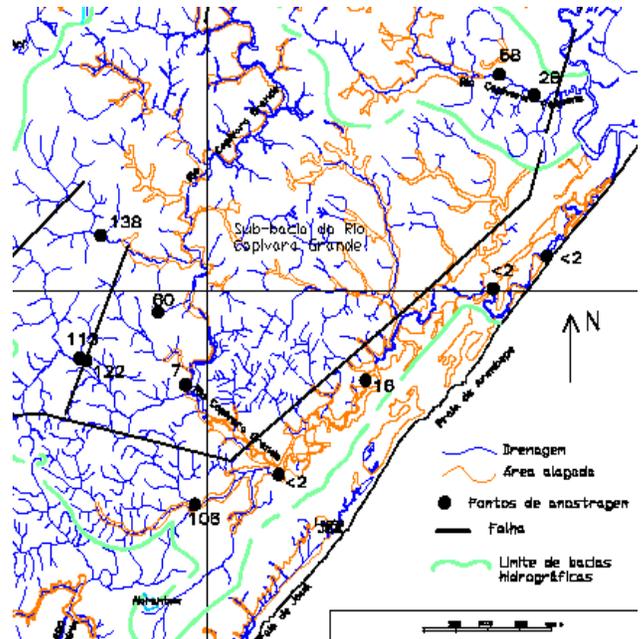


Fig.6: Distribuição de ^{222}Rn nas sub-bacias dos rios Capivara Grande e Capivara Pequena em agosto/2000.

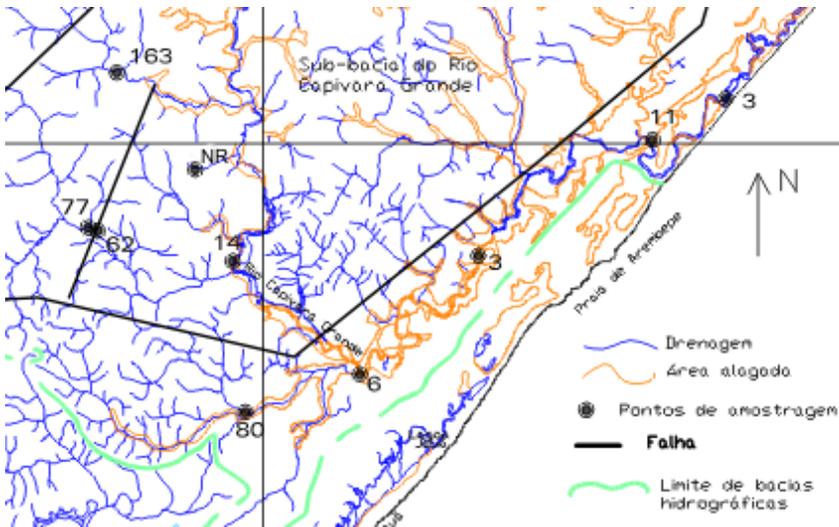


Fig.7: Distribuição de ^{222}Rn nas sub-bacias dos rios Capivara Grande e Capivara Pequena em setembro/2000.

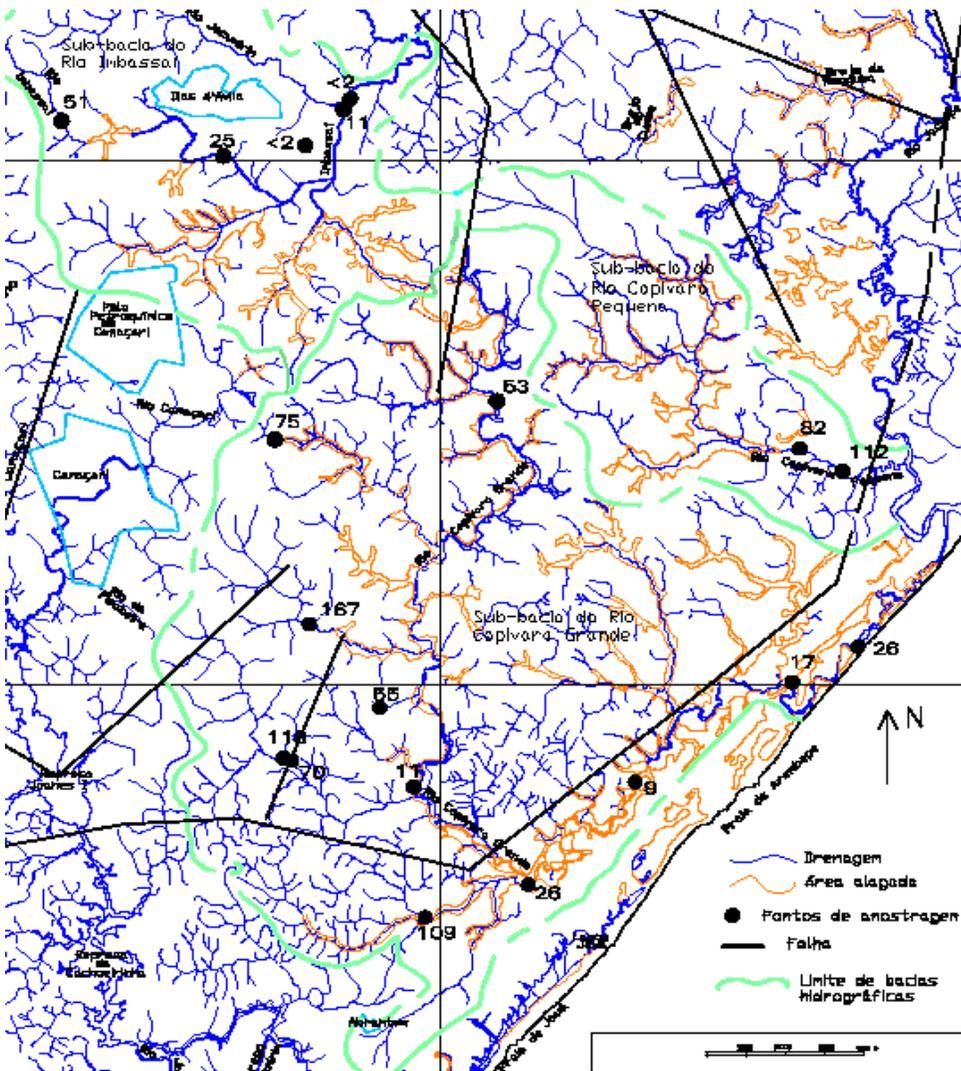


Fig.8: Distribuição de ^{222}Rn nas sub-bacias dos rios Capivara Grande, Capivara Pequena e Imbassai em outubro/2000.