

## ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO COMPARATIVO ENTRE OS AQUÍFEROS BARREIRAS, MARIZAL E SÃO SEBASTIÃO NA REGIÃO DO RECÔNCAVO NORTE, ESTADO DA BAHIA

Sérgio Augusto de Morais NASCIMENTO<sup>1</sup>  
Jamille Evangelista ALVES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geólogo. Dr. em Geologia. Professor Associado do Depto de Geofísica, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – IGEO/UFBA. sergiomn@ufba.br

<sup>2</sup> Geóloga. Mestranda do curso de pós-graduação em Geologia – IGEO/UFBA. Jami\_alves@hotmail.com

**RESUMO.** Esse trabalho teve o objetivo de estudar a variação hidrogeoquímica existente entre as Formações Barreiras, Marizal e São Sebastião na região do Recôncavo Norte, estado da Bahia. As informações foram obtidas a partir do Siagas (CPRM) e dos arquivos da Companhia de Engenharia Ambiental da Bahia (Cerb). Os dados foram processados e interpretados estatisticamente através dos programas Statística 7.0, Excel e através do diagrama triangular de Piper. Com isto obteve-se informações sobre a qualidade, classificação, tipo de água subterrânea, correlação entre as variáveis estudadas, além do estudo da variância da média (ANOVA) dos parâmetros cálcio, magnésio, cloreto, bicarbonato e ferro total entre as Formações. Os resultados mostraram que as águas das três Formações são predominantemente cloretada sódica com  $rCl > HCO_3 > SO_4$ . O valor médio (mediana) do bicarbonato, dureza total, ferro total e  $SiO_2$  são bem semelhantes. A salinidade expressa em STD caracteriza água subterrânea doce com valor médio (mediana) abaixo de  $200,0 \text{ mg L}^{-1}$ .

**Palavras-chave:** hidrogeoquímica; água subterrânea; estudo comparativo

**ABSTRACT.** *Comparative study between the Barreiras, Marizal and São Sebastião Hydrogeochemical Aquifers in the North Recôncavo Region, Bahia State, Brazil.* This work aimed to study the existing hydrogeochemical variation between Formations Barreiras, Marizal and São Sebastião in region northern of the Recôncavo, Bahia. Information was obtained from Siagas (CPRM) and of the Companhia de Engenharia Ambiental Bahia (Cerb). The data were processed and interpreted statistically using the Statística 7.0, Excel and through the triangular diagram Piper programs. With this we obtained information about the quality, classification, type of groundwater, correlation between variables, beyond the study of the mean variance (ANOVA) of the parameters calcium, magnesium, chloride, bicarbonate, and total iron between Formations. The results showed that the waters of the three Formations are predominantly chloreted sodium with  $rCl > HCO_3 > SO_4$ . The mean (median) of bicarbonate, total hardness, total iron and  $SiO_2$  are very similar. Salinity expressed in STD featuring fresh groundwater with an average (median) below  $200.0 \text{ mg L}^{-1}$ .

**Keywords:** hydrochemistry; groundwater; comparative study

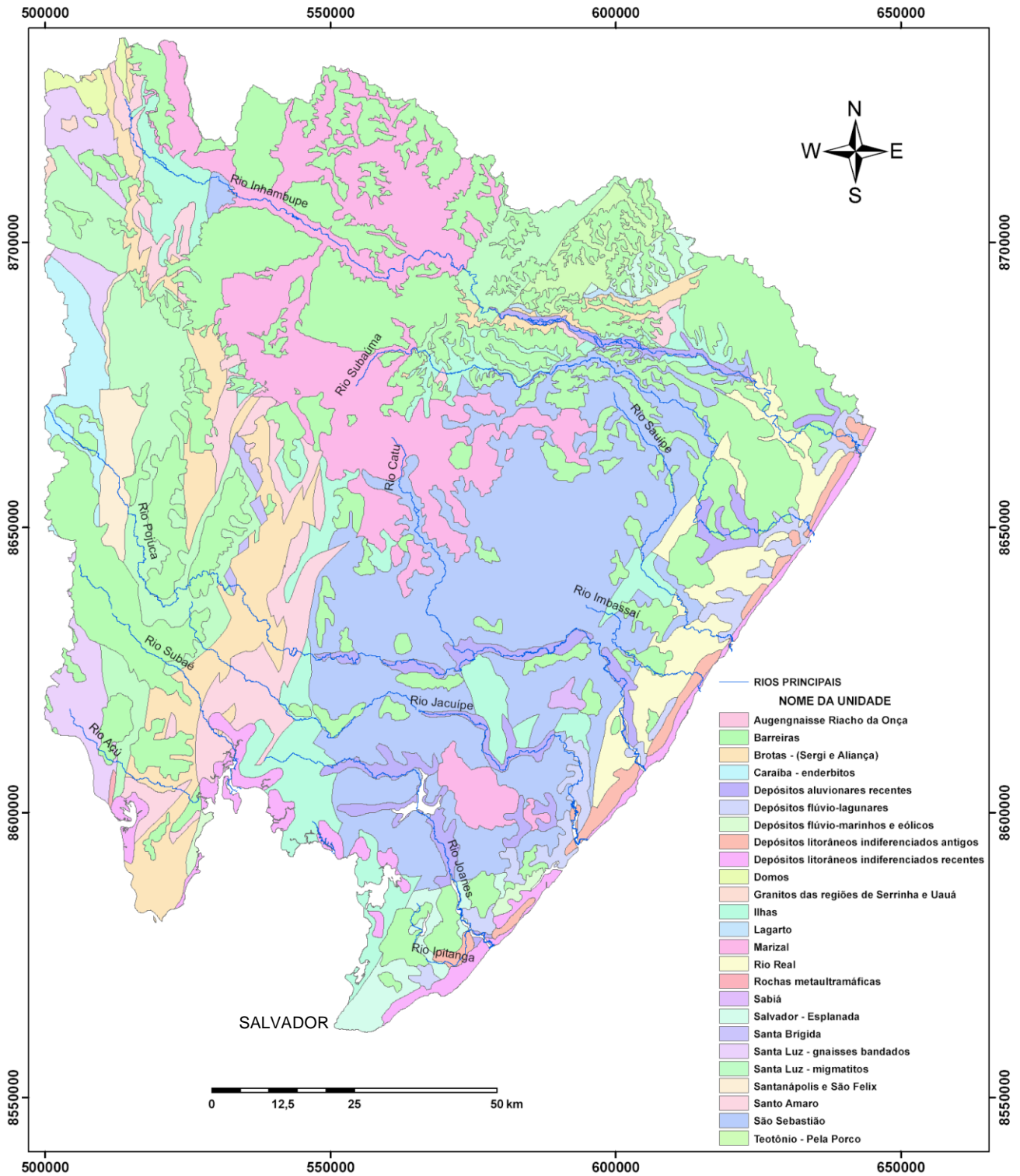
### INTRODUÇÃO

Esse trabalho teve o objetivo de realizar um estudo comparativo entre as águas subterrâneas existentes nas Formações Barreiras, Marizal e São Sebastião situado na região do Recôncavo Norte - Estado da Bahia. Utilizou-se nesse estudo comparativo dados de qualidade das suas águas subterrâneas, informações sobre a classificação hidroquímica, as relações iônicas características e o estudo comparativo entre as variâncias das médias (ANOVA) dos elementos cálcio, magnésio, cloreto, bicarbonato e ferro total. Partiu-se da premissa de que não haveria diferença geoquímica significativa entre esses aquíferos. Como as Formações Barreiras e Marizal funcionam em parte dessa região como armazenadoras temporárias e transitórias de água subterrânea para a Formação São Sebastião, então era de supor que não haveria variação hidroquímica temporal e espacial significativa entre essas Formações devido as suas interconexões. Dos parâmetros utilizados para

avaliar a conexão entre esses aquíferos, o ferro total é o mais significativo deles, pois se originam da lixiviação das crostas ferruginosas situadas em determinados níveis do Barreiras e do Marizal. O carbonato e bicarbonato também são importantes nas águas subterrâneas, devido a presença de níveis calcários nas Formações Marizal e São Sebastião.

A Formação Barreiras (Figura 1) é caracterizada por sistemas de leques aluviais compostos de arenitos fluviais grosseiros, médios e finos, cinza-esbranquiçados e amarelo-avermelhados, pouco consolidados, com níveis conglomeráticos nas seções basais. Esses arenitos, normalmente, são portadores de estratificações cruzadas, mas ocorrem também horizontes maciços e níveis com estratos plano-paralelos. Contêm freqüentes intercalações de folhelhos cinza-avermelhados, roxos amarelados. Repousa em discordância erosiva sobre os sedimentos das formações Marizal, São Sebastião e outras unidades estratigráficas.

**Figura 1** – As Formações Barreiras, Marizal e São Sebastião no contexto da região do Recôncavo Norte - Bahia



Fonte: Petrobrás/UFBA (2012)

A Formação Marizal é representada por clásticos grosseiros (conglomerados e arenitos), folhelhos e calcários representantes. Sua deposição é atribuída a sistemas aluviais desenvolvidos no contexto de uma subsidência termal, pós-rifte, atestada pela sub-horizontalidade dos estratos. Esta unidade recobre, em

discordância erosiva, os sedimentos da Formação São Sebastião. Compõe-se de arenitos cinza-esbranquiçados a amarelados, de granulação fina a média, maciços ou portando estratificações cruzadas acanaladas. Contém níveis de conglomerados na base, e intercalações de siltitos, folhelhos e calcários.

A Formação São Sebastião foi depositada em ambientes continentais alternados entre planície fluvial, planície deltáica e um amplo lago raso (ABOARRAGE, 1970). Compõe-se de arenitos cinza-amarelados, róseos e amarelo-avermelhados, finos, médios a grosseiros, feldspáticos. Tais arenitos foram empilhados como corpos lateralmente contínuos, de geometria tabular, maciços ou com estratificação plano-paralela de baixo ângulo e/ou estratificações cruzadas acanaladas. Ocorrem também arenitos de frentes deltáicas, com geometrias de lobos ou sigmoidais. Estes possuem estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralelas, marcas de ondas e numerosas intercalações de siltitos e folhelhos. Os depósitos lacustres são representados por camadas espessas e contínuas de folhelhos cinza-claros a cinza-avermelhados, com pequenas intercalações de siltitos, arenitos finos e calcários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados nesse trabalho foram essencialmente obtidos no Sistema de Informações de Água Subterrânea - SIAGAS (CPRM) e nos arquivos da Companhia de Engenharia Ambiental da Bahia (CERB). Através de planilha Excel esses dados foram processados pelo programa Estatística 7.0 obtendo-se um sumário estatístico básico, valores de coeficientes de correlação ( $\bullet$ ) pelo método de Spearman e análise de variância Anova-fator único. A utilização do método de Spearman em detrimento do método de Pearson prendeu-se ao fato das distribuições numéricas dos parâmetros utilizados apresentarem-se com assimetrias altas, acima do valor crítico, daí a necessidade de utilizar um método não paramétrico. *“O coeficiente  $\bullet$  de Spearman mede a intensidade da relação entre variáveis ordinais  $x$  e  $y$ . Usa, em vez do valor observado, apenas a ordem das observações ou postos. Deste modo, este coeficiente não é sensível a assimetrias na distribuição, nem à presença de outliers, não exigindo, portanto que os dados provenham de duas populações ( $x$  e  $y$ ) com distribuição normal. O valor de  $\bullet$  é calculado pela expressão:*

$$\bullet = 1 - 6 \bullet d_i / (n^3 - n)$$

onde:  $d_i$  = a diferença entre cada posto de valor correspondente de  $x$  e  $y$

$n$  = o número dos pares dos valores”

Para estabelecer a classificação das águas utilizou-se o diagrama triangular de Piper (1944) confeccionado através do programa Qualigraf (2009) elaborado pela Fundação Cearense de Meteorologia. Os tipos ou fácies hidroquímicos foram obtidos através das relações iônicas características entre o  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{CO}_3$  e  $\text{HCO}_3^-$  fazendo a conversão dos valores de

$\text{mg L}^{-1}$  (miligrama por litro) para  $\text{meq L}^{-1}$  (miliequivalente grama por litro).

Para avaliar a qualidade das águas utilizou-se a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde para os parâmetros sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto. Carbonato e bicarbonato, sulfato, condutividade elétrica (CE), fluor, N-nitrato, N-nitrito, dureza total, sílica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, ferro total e cor aparente. Os resultados obtidos foram plotados em gráficos e tabelas sendo posteriormente interpretadas e estabelecidas as conclusões finais.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Qualidade das águas subterrâneas

**Formação Barreiras** - A água subterrânea na Formação Barreiras apresenta para os parâmetros utilizados nesse trabalho, valores médios (mediana) abaixo do limite máximo recomendado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (Tabela 1). Entretanto, existem registros de água com valores de sódio com até  $230,0 \text{ mg L}^{-1}$ , cloreto com até  $1350,0 \text{ mg L}^{-1}$  e sulfato com até  $386,0 \text{ mg L}^{-1}$  nas regiões de Feira de Santana, Irará e Cachoeira, em 4 pontos situados fora da bacia sedimentar do Recôncavo Baiano e que apresentam características salobras. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) variam de 62 a  $772,0 \text{ mg L}^{-1}$  e da condutividade elétrica (CE) pode chegar até  $1474,0 \mu\text{S cm}^{-1}$  (Tabela 1). Na maioria dos pontos estudados, a água pode ser considerada com mineralização importante, com qualidade utilizável segundo a classificação de Mendes, 2004. Nas águas subterrâneas da Formação Barreiras verificam-se valores altos de nitrato, cor, turbidez e ferro total. O fator mais provável dessa salinização seria a contaminação por uma fonte antropogênica. Os valores de ferro total acima do limite máximo tolerado é muito constante na região, podendo chegar até  $3,6 \text{ mg/L}$  em um dos pontos estudados.

Do ponto de vista estatístico, pode-se considerar como valores anômalos para os parâmetros analisados, todos aqueles superiores ao percentil de 90%, com destaque para os valores de STD ( $>534,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) e CE ( $>744,60 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) presentes nas águas salobras. Utilizou-se o percentil de 90% para estabelecer o limiar de anomalia. Optou-se pela estatística não paramétrica, tendo em vista os valores altos de assimetria, acima do valor crítico, para  $n = 27$  e um nível de significância de 95%.

A salinidade expressa pela condutividade elétrica (CE) está correlacionada aos íons de  $\text{Na}^+$  ( $\bullet=0,86$ ),  $\text{Mg}^{++}$  ( $\bullet=0,78$ ) e  $\text{Cl}^-$  ( $\bullet=0,81$ ) (Tabela 2). A dureza total é basicamente devido ao cálcio ( $\bullet=0,92$ ) e o magnésio ( $\bullet=0,94$ ), A cor aparente esta associada ao ferro total ( $\bullet=0,69$ ) enquanto o

bicarbonato está correlacionado ao cálcio ( $r=0,75$ ) conforme mostra a Tabela 2. Nos cálculos do coeficiente de correlação  $r$  pelo método de Spearman foi utilizado 27 amostras. Considerando um nível de significância de 95% o valor crítico do coeficiente de correlação ( $r$ ) encontrado foi de

0,381. Como o coeficiente  $r$  de Spearman varia entre  $\pm 1,0$  quanto mais próximo estiver desses extremos, maior será a associação entre as variáveis. Nesse estudo, consideraram-se arbitrariamente os valores com  $r > 0,70$  como para definir as altas associações.

**Tabela 1 - Sumário estatístico – Formação Barreiras**

Variáveis	N	Média Aritmética	I.C. -95%	I.C. +95%	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo	Quartil 25%	Quartil 75%	Percentil 10%	Percentil 90%
Na	27	48,2	27,8	68,7	31,4	11,00	230	16,5	49,9	12,4	116,0
K	26	5,2	3,8	6,6	4,2	1,00	15	2,9	6,8	1,9	10,0
Ca	27	17,8	8,4	27,2	10,0	1,99	104	4,0	15,4	3,1	55,8
Mg	27	6,2	4,3	8,0	5,3	0,73	21	3,1	8,9	1,7	11,8
Cl	27	104,8	3,9	205,8	27,2	15,90	1350	20,9	75,0	17,9	146,6
HCO3	27	48,9	27,6	70,2	32,7	4,95	263	15,1	58,1	6,7	88,0
SO4	26	22,7	-7,6	53,0	3,7	0,00	386	2,7	7,9	2,0	36,3
CE	27	345,7	218,4	473,1	226,4	80,80	1474	156,0	395,0	115,8	742,0
F	21	0,2	0,1	0,2	0,2	0,02	0	0,0	0,2	0,0	0,3
NO3	22	1,8	0,3	3,3	0,6	0,09	15	0,1	1,7	0,1	4,5
NO2	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dur	27	44,5	28,4	60,7	29,5	4,98	159	17,0	60,0	14,1	104,0
pH	26	7,0	6,6	7,3	6,9	4,89	9	6,4	7,6	5,8	8,0
SiO2	14	39,2	24,8	53,6	31,7	10,00	110	27,2	47,1	13,1	61,4
STD	23	239,6	152,9	326,2	172,0	62,00	772	99,0	280,0	70,0	534,0
Turbidez	22	8,1	3,1	13,0	4,6	0,12	44	1,3	9,2	1,1	15,8
Fe total	21	0,7	0,3	1,1	0,4	0,06	4	0,2	0,6	0,1	1,8
Cor	24	15,5	4,0	27,0	5,0	5,00	120	5,0	10,0	5,0	30,0

CE = condutividade elétrica; Dur = dureza total; STD = sólidos totais dissolvidos

**Tabela 2 - Matriz de Correlação (Spearman) – Formação Barreiras**

Variable	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO3	SO4	CE	F	NO3	NO2	Dur	pH	SiO2	STD	Turbidez	Fe total	Cor
Na	1,00	0,57	0,29	0,58	0,62	0,46	0,74	0,86	0,34	-0,07	0,17	0,46	0,39	0,42	0,81	-0,19	-0,22	-0,11
K	0,57	1,00	-0,04	0,35	0,56	0,01	0,34	0,45	-0,07	-0,26	-0,17	0,15	0,05	0,44	0,42	0,14	-0,17	-0,04
Ca	0,29	-0,04	1,00	0,77	0,33	0,75	0,32	0,51	0,61	0,51	0,57	0,92	0,60	-0,04	0,57	-0,41	0,20	0,30
Mg	0,58	0,35	0,77	1,00	0,71	0,55	0,44	0,78	0,63	0,36	0,57	0,94	0,55	0,33	0,76	-0,39	0,11	0,16
Cl	0,62	0,56	0,33	0,71	1,00	0,17	0,32	0,81	0,31	0,14	0,01	0,61	0,28	0,19	0,63	-0,04	0,01	0,02
HCO3	0,46	0,01	0,75	0,55	0,17	1,00	0,46	0,52	0,58	0,09	0,43	0,66	0,66	0,27	0,54	-0,26	0,23	0,26
SO4	0,74	0,34	0,32	0,44	0,32	0,46	1,00	0,58	0,70	0,29	0,69	0,37	0,54	0,38	0,67	-0,04	-0,16	0,10
CE	0,86	0,45	0,51	0,78	0,81	0,52	0,58	1,00	0,46	-0,05	0,22	0,71	0,43	0,41	0,85	-0,28	-0,14	-0,07
F	0,34	-0,07	0,61	0,63	0,31	0,58	0,70	0,46	1,00	0,66	0,64	0,63	0,72	0,24	0,50	-0,17	0,22	0,21
NO3	-0,07	-0,26	0,51	0,36	0,14	0,09	0,29	-0,05	0,66	1,00	0,83	0,47	0,23	0,36	0,01	0,19	0,36	0,30
NO2	0,17	-0,17	0,57	0,57	0,01	0,43	0,69	0,22	0,64	0,83	1,00	0,57	0,33	0,33	0,49	0,16	0,58	0,06
Dur	0,46	0,15	0,92	0,94	0,61	0,66	0,37	0,71	0,63	0,47	0,57	1,00	0,59	0,13	0,69	-0,48	0,15	0,17
pH	0,39	0,05	0,60	0,55	0,28	0,66	0,54	0,43	0,72	0,23	0,33	0,59	1,00	-0,13	0,48	-0,24	0,05	0,12
SiO2	0,42	0,44	-0,04	0,33	0,19	0,27	0,38	0,41	0,24	0,36	0,33	0,13	-0,13	1,00	0,68	0,39	0,10	-0,13
STD	0,81	0,42	0,57	0,76	0,63	0,54	0,67	0,85	0,50	0,01	0,49	0,69	0,48	0,68	1,00	-0,24	0,18	0,04
Turbidez	-0,19	0,14	-0,41	-0,39	-0,04	-0,26	-0,04	-0,28	-0,17	0,19	0,16	-0,48	-0,24	0,39	-0,24	1,00	0,43	0,39
Fe total	-0,22	-0,17	0,20	0,11	0,01	0,23	-0,16	-0,14	0,22	0,36	0,58	0,15	0,05	0,10	0,18	0,43	1,00	0,69
Cor	-0,11	-0,04	0,30	0,16	0,02	0,26	0,10	-0,07	0,21	0,30	0,06	0,17	0,12	-0,13	0,04	0,39	0,69	1,00

CE = Condutividade elétrica; Dur = dureza total; STD = sólidos totais dissolvidos

Os coeficientes de correlação em vermelho são significativos para um nível de significância de 95% e o número de observação variável a depender do parâmetro analisado.

**Formação Marizal** - As águas subterrâneas pesquisadas na Formação Marizal apresentam valores da média aritmética e da mediana dos parâmetros analisados abaixo do máximo permitido pela Portaria 2914/2011 e pela Resolução 396/2088 do Canama. Entretanto, existem registros no banco de dados do Sistema de Informações de Água Subterrânea (SIAGAS) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) de poços tubulares com até 468,0 mg L<sup>-1</sup> de cloreto, 1623,0

μS cm<sup>-1</sup> de condutividade elétrica, 419,0 mg L<sup>-1</sup> de dureza total, 1300,0 mg L<sup>-1</sup> de STD e 67,0 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) na região do município de Sátiro Dias (Tabela 3).

Do ponto de vista estatístico, pode-se considerar como valores anômalos, todos aqueles superiores ao percentil de 90%, com destaque para os valores de 338,0 mg L<sup>-1</sup> de STD e 384,0 μS cm<sup>-1</sup> de condutividade elétrica.

A salinização média (mediana) medida através da condutividade elétrica (CE) e do STD é inferior à da Formação Barreiras. Pode ser considerada estatisticamente alta para a região a partir dos valores 384,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  para a condutividade elétrica (CE) e 338,0  $\text{mg L}^{-1}$  para o STD (percentil > 90%). Pela classificação de Mendes (2004) pode-se considerar essa água com mineralização pouco acentuada e com qualidade excelente. O ferro total apresenta valores médios (mediana) de 0,5  $\text{mg L}^{-1}$  bem acima do valor recomendado pela Portaria 2914/2011, podendo atingir em alguns locais valores de até 1,0  $\text{mg L}^{-1}$ . A leve salinização dessa água expressa pela condutividade elétrica (CE) é devida principalmente aos íons de Na ( $r = 0,86$ ), Mg ( $r = 0,78$ ), Cl ( $r = 0,81$ ). A dureza total está

associada ao Cálcio ( $r = 0,92$ ) e Magnésio ( $r = 0,94$ ) (Tabela 4).

Os nitritos que ocorrem nessas águas estão associados aos sulfatos ( $r = 0,69$ ) e nitratos ( $r = 0,83$ ) o que pode caracterizar contaminação por esgotos domésticos e/ou urbanos em alguns pontos da região. A cor aparente também é devido ao ferro total ( $r = 0,69$ ) *semelhantemente Formação Barreiras*. Para 23 amostras estudadas e um nível de significância de 95%, o valor tabelado encontrado foi de  $r = 0,381$ . Como o coeficiente  $r$  de Spearman varia entre  $\pm 1,0$  quanto mais próximo os valores estiverem desses extremos, maior será a associação entre as variáveis. Nesse estudo, consideraram-se arbitrariamente os valores com  $r > 0,70$  para expressar a alta associação entre os parâmetros.

**Tabela 3 - Sumário estatístico - Formação Marizal**

Variável	N	Media Aritmética	Confidence -95%	Confidence +95%	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo	Quartil 25%	Quartil 75%	Percentil 10%	Percentil 90%
Na	23	29.87	14.30	45.43	21.30	5.50	180.0	10.70	33.00	6.00	42.0
K	22	9.02	5.48	12.56	6.75	1.00	33.6	4.40	9.50	2.00	18.7
Ca	21	20.22	6.62	33.83	8.00	2.00	102.0	4.98	10.80	3.00	75.7
Mg	23	10.76	2.92	18.60	3.15	0.49	76.9	2.19	8.90	1.90	38.7
Cl	23	65.29	20.46	110.13	25.80	7.00	468.0	14.60	54.20	8.00	196.9
CO3	16	4.30	-0.90	9.50	0.00	0.00	30.8	0.00	0.00	0.00	24.1
HCO3	23	26.39	17.52	35.26	20.90	8.90	105.5	14.90	30.60	9.80	45.8
SO4	19	11.53	-4.69	27.74	3.44	0.81	150.0	1.48	5.80	0.90	10.4
CE	23	275.15	131.46	418.83	190.00	48.20	1623.0	120.00	318.00	72.50	384.0
F	17	0.10	0.04	0.16	0.06	0.00	0.5	0.02	0.13	0.01	0.3
NO3	14	1.64	0.52	2.76	0.73	0.01	6.6	0.12	2.39	0.10	4.4
NO2	8.0	0.019	0.004	0.034	0.010	0.003	0.05	0.009	0.032	0.003	0.05
Dur	23	63.17	20.66	105.68	19.90	3.60	419.0	12.00	53.00	9.40	198.7
pH	22	7.48	7.13	7.82	7.70	5.60	9.2	7.09	7.87	6.48	8.2
SiO2	14	26.61	17.77	35.45	25.95	6.39	59.0	14.30	33.00	9.95	49.1
STD	21	218.19	94.25	342.13	142.00	52.00	1300.0	100.00	174.00	68.00	338.0
Turbidez	18	8.53	0.56	16.50	4.37	0.64	67.0	1.00	5.80	0.69	30.0
Fe total	14	0.51	0.32	0.70	0.45	0.05	1.0	0.22	0.71	0.10	1.0
Cor	22	13.07	-3.01	29.14	5.00	0.00	175.0	5.00	5.00	5.00	7.5

CE = condutividade elétrica; Dur = dureza total; STD = sólidos totais dissolvidos

**Tabela 4 - Matriz de correlação linear (Spearman) - Marizal**

Variável	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO3	SO4	CE	F	NO3	NO2	Dur	pH	SiO2	STD	Turbidez	Fe total	Cor
Na	1,00	0,57	0,29	0,58	0,62	0,46	0,74	0,86	0,34	-0,07	0,17	0,46	0,39	0,42	0,81	-0,19	-0,22	-0,11
K	0,57	1,00	-0,04	0,35	0,56	0,01	0,34	0,45	-0,07	-0,26	-0,17	0,15	0,05	0,44	0,42	0,14	-0,17	-0,04
Ca	0,29	-0,04	1,00	0,77	0,33	0,75	0,32	0,51	0,61	0,51	0,57	0,92	0,60	-0,04	0,57	-0,41	0,20	0,30
Mg	0,58	0,35	0,77	1,00	0,71	0,55	0,44	0,78	0,63	0,36	0,57	0,94	0,55	0,33	0,76	-0,39	0,11	0,16
Cl	0,62	0,56	0,33	0,71	1,00	0,17	0,32	0,81	0,31	0,14	0,01	0,61	0,28	0,19	0,63	-0,04	0,01	0,02
HCO3	0,46	0,01	0,75	0,55	0,17	1,00	0,46	0,52	0,58	0,09	0,43	0,66	0,66	0,27	0,54	-0,26	0,23	0,26
SO4	0,74	0,34	0,32	0,44	0,32	0,46	1,00	0,58	0,70	0,29	0,69	0,37	0,54	0,38	0,67	-0,04	-0,16	0,10
CE	0,86	0,45	0,51	0,78	0,81	0,52	0,58	1,00	0,46	-0,05	0,22	0,71	0,43	0,41	0,85	-0,28	-0,14	-0,07
F	0,34	-0,07	0,61	0,63	0,31	0,58	0,70	0,46	1,00	0,66	0,64	0,63	0,72	0,24	0,50	-0,17	0,22	0,21
NO3	-0,07	-0,26	0,51	0,36	0,14	0,09	0,29	-0,05	0,66	1,00	0,83	0,47	0,23	0,36	0,01	0,19	0,36	0,30
NO2	0,17	-0,17	0,57	0,57	0,01	0,43	0,69	0,22	0,64	0,83	1,00	0,57	0,33	0,33	0,49	0,16	0,58	0,06
Dur	0,46	0,15	0,92	0,94	0,61	0,66	0,37	0,71	0,63	0,47	0,57	1,00	0,59	0,13	0,69	-0,48	0,15	0,17
pH	0,39	0,05	0,60	0,55	0,28	0,66	0,54	0,43	0,72	0,23	0,33	0,59	1,00	-0,13	0,48	-0,24	0,05	0,12
SiO2	0,42	0,44	-0,04	0,33	0,19	0,27	0,38	0,41	0,24	0,36	0,33	0,13	-0,13	1,00	0,68	0,39	0,10	-0,13
STD	0,81	0,42	0,57	0,76	0,63	0,54	0,67	0,85	0,50	0,01	0,49	0,69	0,48	0,68	1,00	-0,24	0,18	0,04
Turbidez	-0,19	0,14	-0,41	-0,39	-0,04	-0,26	-0,04	-0,28	-0,17	0,19	0,16	-0,48	-0,24	0,39	-0,24	1,00	0,43	0,39
Fe total	-0,22	-0,17	0,20	0,11	0,01	0,23	-0,16	-0,14	0,22	0,36	0,58	0,15	0,05	0,10	0,18	0,43	1,00	0,69
Cor	-0,11	-0,04	0,30	0,16	0,02	0,26	0,10	-0,07	0,21	0,30	0,06	0,17	0,12	-0,13	0,04	0,39	0,69	1,00

CE = condutividade elétrica; Dur = dureza total; STD = sólidos totais dissolvidos. Os coeficientes de correlação em vermelho são significativos para um nível de significância de 95% e o número de observação variável a depender do parâmetro analisado.

**Formação São Sebastião** - As águas subterrâneas da Formação São Sebastião apresentam os valores da média aritmética e da mediana dos parâmetros analisados em 27 poços tubulares, abaixo do valor máximo permitido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Entretanto, em alguns poços, o ferro total apresenta valores acima do máximo recomendado, o que é muito comum nessa Formação, como foi constatado na região do Pólo Industrial de Camaçari (NASCIMENTO; ALVES, 2011).

Do ponto de vista estatístico, pode-se considerar como valores anômalos dos parâmetros superiores ao percentil de 90%. Os valores máximos de STD com 310 mg L<sup>-1</sup> e CE com 520,0 µ• cm<sup>-1</sup> (Tabela 5) mostram que se trata de águas doces e desmineralizadas. A salinidade média medida através da CE e STD foi equivalente à das Formações Barreiras e Marizal, podendo ser consideradas estatisticamente alta (percentil > 90%) a

partir dos valores de 436,0 µ• cm<sup>-1</sup> e 206 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Pela classificação de Mendes (2004) pode-se considerar uma água doce com mineralização média e de boa qualidade. O ferro total apresenta valor mediano de 0,3 mg L<sup>-1</sup> podendo atingir um máximo de 1,3 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 5).

A condutividade elétrica (CE) nas águas subterrâneas dessa Formação está fortemente associada ao sódio (•=0,90), Mg (• =0,80), Cl (•=0,79), HCO3 (• =0,74), SO4 (•= 0,76) e SiO2 (•=1,0). O NO2 está associado ao HCO3 (•=0,81) e SO4 (•=0,74) indicando possível contaminação por esgotos domésticos e/ou urbanos. A dureza está associada à Mg (•=0,68) e SiO2 (•=1,0), enquanto a turbidez está associada ao ferro total (• =0,75) e a cor (• =0,66). Para um nível de significância • = 0,05 e n = 27 o valor crítico de • = 0,381 (Tabela 6). Nesse estudo, consideraram-se arbitrariamente os valores com • > 0,70 para expressar a alta associação.

**Tabela 5** - Sumário estatístico – Formação São Sebastião

Variáveis	N	Média Aritmética	I.C. -95%	I.C. +95%	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo	Quartil 25%	Quartil 75%	Percentil 10%	Percentil 90%
Na	27	20,7	12,2	29,3	11,0	5,00	80,8	6,4	23,2	6,0	60,6
K	27	4,9	3,8	6,1	4,5	0,25	13,0	3,0	6,4	1,4	9,5
Ca	27	12,9	7,7	18,1	8,0	1,60	49,8	3,0	17,9	2,0	42,0
Mg	27	4,7	2,7	6,8	2,9	0,49	24,0	2,2	4,8	1,0	12,3
Cl	27	19,9	14,3	25,6	14,9	7,00	66,0	10,5	30,0	7,5	34,8
HCO3	27	41,0	24,4	57,6	22,3	4,00	146,4	13,0	48,1	5,9	132,0
SO4	27	4,5	2,6	6,4	2,3	0,00	18,0	1,0	6,4	0,9	11,0
CE	27	180,2	124,0	236,4	115,0	37,00	520,0	70,0	262,0	57,0	436,0
F	17	0,1	0,1	0,2	0,1	0,01	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2
NO3	14	0,6	-0,1	1,2	0,1	0,01	3,4	0,0	0,3	0,0	3,1
NO2	7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,00	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
Dureza	26	24,8	15,7	33,9	14,5	1,40	76,0	9,5	41,6	5,0	68,7
pH	25	6,8	6,5	7,2	6,9	5,05	8,2	6,3	7,6	5,5	7,9
SiO2	5	18,6	14,9	22,3	18,2	15,60	21,7	15,8	21,7	15,6	21,7
STD	22	114,8	79,4	150,1	91,0	26,00	310,0	54,0	164,0	29,0	206,0
Turbidez	23	7,8	3,6	12,0	3,0	0,12	32,0	1,0	10,8	0,9	22,0
Fe total	19	0,4	0,2	0,6	0,3	0,02	1,3	0,1	0,5	0,1	1,3
Cor	15	8,7	0,6	16,7	5,0	0,00	60,0	5,0	10,0	0,0	10,0

CE = condutividade elétrica; Dur = dureza total; STD = sólidos totais dissolvidos

**Tabela 6** - Matriz de correlação (Spearman) – Formação São Sebastião

Variáveis	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO3	SO4	CE	F	NO3	NO2	Dureza	pH	SiO2	STD	Turbidez	Fe total	Cor
Na	1,00	0,45	0,29	0,69	0,79	0,70	0,74	0,90	0,22	0,18	0,67	0,32	0,27	1,00	0,48	-0,31	-0,15	-0,07
K	0,45	1,00	-0,02	0,35	0,21	0,51	0,26	0,48	0,41	-0,17	0,47	0,37	0,33	0,37	0,48	0,20	0,20	-0,04
Ca	0,29	-0,02	1,00	0,39	0,28	0,53	0,32	0,35	0,26	0,33	0,51	0,46	0,40	1,00	0,08	-0,31	-0,22	-0,33
Mg	0,69	0,35	0,39	1,00	0,64	0,66	0,44	0,80	0,16	0,29	0,25	0,68	0,21	0,68	0,62	-0,26	-0,18	-0,23
Cl	0,79	0,21	0,28	0,64	1,00	0,41	0,68	0,79	0,31	0,46	0,32	0,33	-0,05	0,58	0,56	-0,38	-0,20	-0,25
HCO3	0,70	0,51	0,53	0,66	0,41	1,00	0,58	0,74	0,56	0,10	0,81	0,60	0,67	0,89	0,60	-0,20	-0,06	0,06
SO4	0,74	0,26	0,32	0,44	0,68	0,58	1,00	0,76	0,56	0,13	0,74	0,24	0,30	1,00	0,54	-0,18	-0,22	0,21
CE	0,90	0,48	0,35	0,80	0,79	0,74	0,76	1,00	0,39	0,20	0,59	0,46	0,27	1,00	0,69	-0,27	-0,14	-0,14
F	0,22	0,41	0,26	0,16	0,31	0,56	0,56	0,39	1,00	-0,12	0,63	0,50	0,46	0,58	0,56	-0,21	-0,41	0,02
NO3	0,18	-0,17	0,33	0,29	0,46	0,10	0,13	0,20	-0,12	1,00	0,31	0,14	-0,47	0,33	0,28	-0,26	-0,28	-0,58
NO2	0,67	0,47	0,51	0,25	0,32	0,81	0,74	0,59	0,63	0,31	1,00	0,25	0,74		0,58	-0,02	0,09	-0,65
Dureza	0,32	0,37	0,46	0,68	0,33	0,60	0,24	0,46	0,50	0,14	0,25	1,00	0,31	1,00	0,71	-0,17	-0,06	-0,13
pH	0,27	0,33	0,40	0,21	-0,05	0,67	0,30	0,27	0,46	-0,47	0,74	0,31	1,00	0,68	0,11	0,22	0,22	0,46
SiO2	1,00	0,37	1,00	0,68	0,58	0,89	1,00	1,00	0,58	0,33		1,00	0,68	1,00	1,00	-0,89	-0,78	
STD	0,48	0,48	0,08	0,62	0,56	0,60	0,54	0,69	0,56	0,28	0,58	0,71	0,11	1,00	1,00	-0,00	0,11	-0,22
Turbidez	-0,31	0,20	-0,31	-0,26	-0,38	-0,20	-0,18	-0,27	-0,21	-0,26	-0,02	-0,17	0,22	-0,89	-0,00	1,00	0,75	0,66
Fe total	-0,15	0,20	-0,22	-0,18	-0,20	-0,06	-0,22	-0,14	-0,41	-0,28	0,09	-0,06	0,22	-0,78	0,11	0,75	1,00	0,40
Cor	-0,07	-0,04	-0,33	-0,23	-0,25	0,06	0,21	-0,14	0,02	-0,58	-0,65	-0,13	0,46	-0,22	0,66	0,40	1,00	

CE = condutividade elétrica; Dur = dureza total; STD = sólidos totais dissolvidos. Os coeficientes de correlação em vermelho são significativos para um nível de significância de 95% e o número de observação variável a depender do parâmetro analisado.

**Classificação das águas e relações iônicas características**

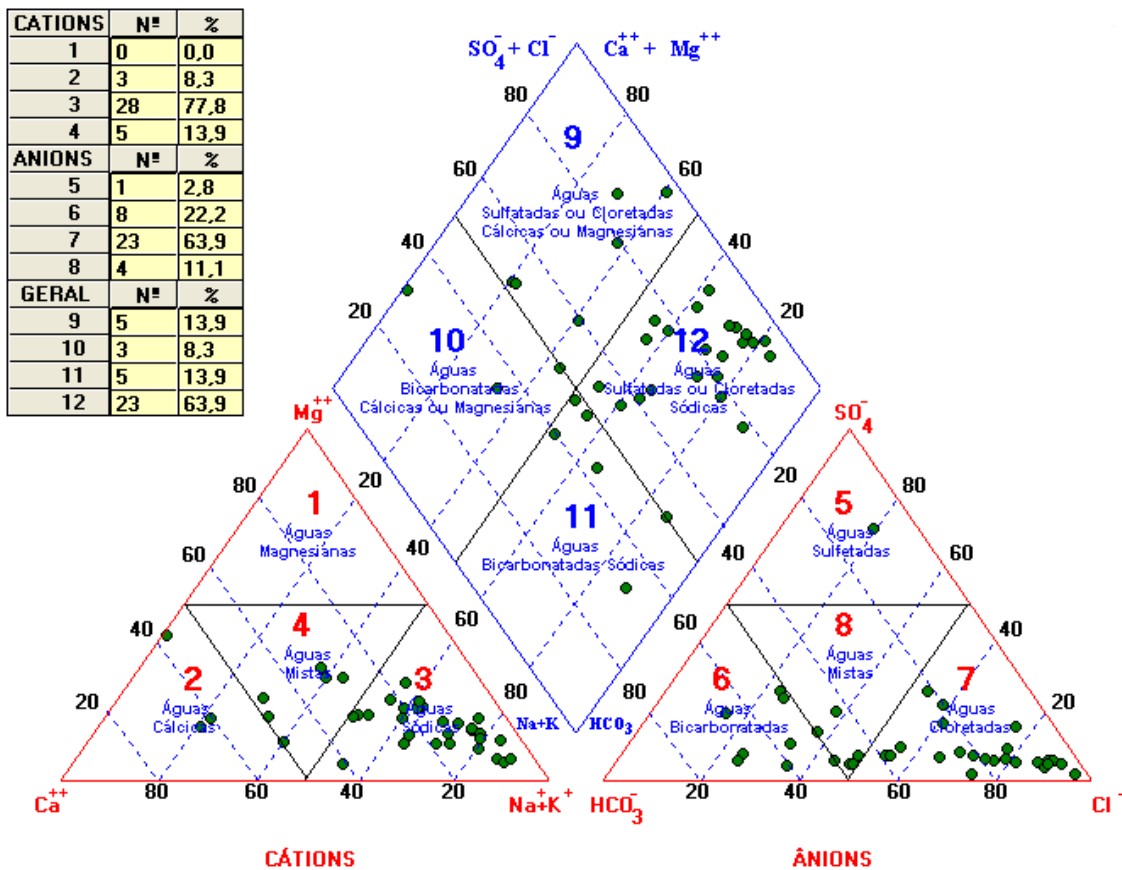
**Formação Barreiras** - Para uma população de 36 amostras estudadas pode-se afirmar que as águas subterrâneas dessa Formação são classificadas como cloretadas sódicas numa frequência de 63,9% dos pontos estudados e bicarbonatadas sódicas em 13,9%. São cloretadas cálcicas ou magnesianas em 13,9% e, em 8,3% dos pontos estudados, apresentam-se como bicarbonatada cálcica ou magnesiana (Figura 2).

Na Formação Barreiras, as águas subterrâneas evoluem hidroquimicamente de sódica para mista (sódica-cálcica) até atingir sua condição de puramente cálcica. Entre os anions as águas subterrâneas evoluem de cloretadas para mista (cloretada-bicarbonatada) e finalmente para bicarbonatada

As relações aniônicas predominantes nas águas subterrâneas da Formação Barreiras são do tipo  $rCl > rHCO_3 > rSO_4$  em 77,8% dos poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são  $rNa > rMg > rCa$  com 41,7% e  $rNa > rCa > rMg$  com 36,1% dos poços tubulares estudados (Tabela 7).

Secundariamente, as relações aniônicas características nessa Formação são do tipo  $rHCO_3 > rCl > rSO_4$  em 19,4% dos poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são do tipo  $rNa > rCa > rMg$  com 16,6% e  $rCa > rMg > rNa$  com 2,8% dos poços tubulares. Finalmente, sem maior expressividade ocorre a relação aniônica do tipo  $rHCO_3 > rSO_4 > Cl$  com os cátions obedecendo a seguinte ordem:  $rCa > rNa > rMg$  em 2,8% dos poços tubulares estudados (Tabela 7).

**Figura 2 - Classificação das águas subterrâneas - Formação Barreiras**



**Tabela 7 - Relações iônicas características (em meq L<sup>-1</sup>).**

Anions	Cátions	Poços Tubulares	%	%
$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	$rNa > rMg > rCa$	15	41,7	77,8
	$rNa > rCa > rMg$	13	36,1	
$rHCO_3 > rCl > rSO_4$	$rNa > rCa > rMg$	06	16,6	19,4
	$rCa > rMg > rNa$	01	2,8	
$rHCO_3 > rSO_4 > rCl$	$rCa > rNa > rMg$	01	2,8	2,8
TOTAL		36	100	100

**Formação Marizal** - As águas subterrâneas da Formação Marizal podem ser classificadas preferencialmente como cloretadas sódicas em 54,5% dos pontos estudados, cloretadas cálcicas ou magnesianas em 22,7% e em 13,6 % dos pontos estudados apresentam-se como bicarbonatada sódica. Em 9,1% apresentam-se como bicarbonatadas cálcicas magnesianas (Figura 3).

Na Formação Marizal, os cátions presentes nas águas subterrâneas evoluem hidroquimicamente de sódica para mista (sódica-cálcica) até atingir a condição de eminentemente cálcica. Entre os anions as águas subterrâneas evoluem também de cloretadas para mista (cloretada-bicarbonatada) e finalmente para bicarbonatada.

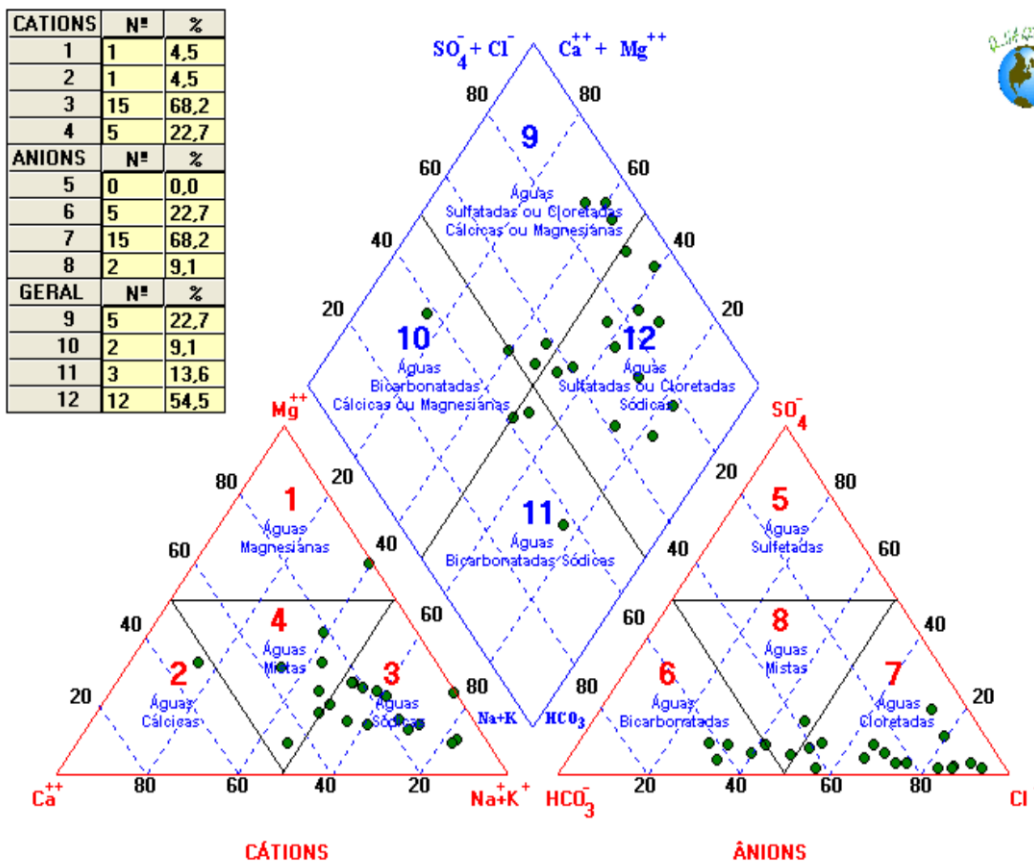
As relações aniônicas predominantes são do tipo  $rCl > rHCO_3 > rSO_4$  em 81,8% dos poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são  $rNa > rMg > rCa$

com 31,8% e  $rNa > rCa > rMg$  com 45,5% dos poços tubulares estudados, além da relação  $rCa > rMg > rNa$  em 4,5% dos poços (Tabela 8).

Secundariamente, as relações aniônicas características nessa Formação são do tipo  $rHCO_3 > rCl > rSO_4$  em 13,6% dos poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são  $rNa > rMg > rCa$  com 9,0% e  $rNa > rCa > rMg$  com 4,6% respectivamente. Finalmente, sem maior expressividade ocorre a relação aniônica  $rCl > rSO_4 > rHCO_3$  com os cátions  $rNa > rCa > rMg$  em 4,6% dos poços tubulares.

Assim, de um modo geral a assinatura hidroquímica da Formação Marizal se assemelha muito em termos de anions com a da Formação Barreiras sendo essa última um pouco mais bicarbonatada. Com relação aos cátions, a Formação Barreiras mostrou-se um pouco mais magnesianas enquanto a Formação Marizal é mais cálcica.

**Figura 3** - Classificação das águas subterrâneas – Formação Marizal



**Tabela 8** - Relações iônicas características – Formação Marizal (em meq L<sup>-1</sup>)

Anions	Cátions	Poços Tubulares	%	%
	$rNa > rMg > rCa$	7	31,8	
$rCl > rHCO_3 > rSO_4$	$rNa > rCa > rMg$	10	45,5	81,8
	$rCa > rMg > rNa$	01	4,5	
$rHCO_3 > rCl > rSO_4$	$rNa > rMg > rCa$	2	9,0	13,6
	$rNa > rCa > rMg$	01	4,6	
$rCl > rSO_4 > rHCO_3$	$rNa > rCa > rMg$	01	4,6	4,6
TOTAL		22	100	100



**Formação São Sebastião** - As águas subterrâneas da Formação São Sebastião foram classificadas preferencialmente como cloretadas sódicas em 47,4% dos pontos estudados, bicarbonatada sódica em 26,3%, bicarbonatada cálcica-magnesiânica em 15,8% e cloretada cálcica-magnesiânica em 10,5% dos pontos estudados (Figura 4).

Na Formação São Sebastião, numa população de 19 amostras verificou-se que as águas subterrâneas evoluem hidroquimicamente de sódica (73,7) para mista (21,1%) e, posteriormente, para cálcicas (5,3%). Os ânions evoluem de cloretadas (57,9%) para bicarbonatada (42,1%).

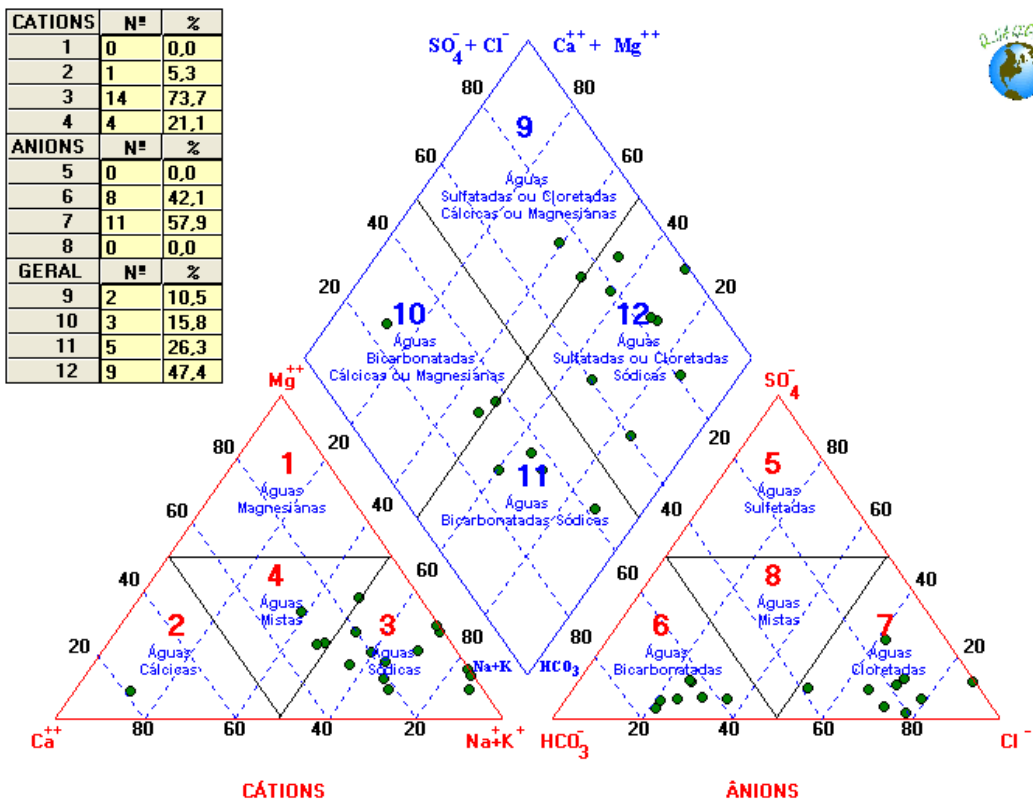
As relações aniônicas predominantes nas águas subterrâneas da Formação São Sebastião são do tipo  $rCl > rHCO_3 > rSO_4$  em 55,5% dos 27 poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são  $rNa > rMg > rCa$  com 18,5%,  $rNa > rCa > rMg$  com 22,2% e  $rCa > rNa > rMg$  em 14,8% dos poços (Tabela 9).

Secundariamente, as relações aniônicas características nessa Formação são do tipo

$rHCO_3 > rCl > rSO_4$  em 44,5% dos 27 poços tubulares estudados. Dentro desse grupo, as relações catiônicas presentes são  $rNa > rMg > rCa$  com 18,5%,  $rNa > rCa > rMg$  com 11,2% e  $rCa > rNa > rMg$  em 14,8% dos poços tubulares.

De um modo geral, a assinatura hidrogeoquímica da Formação Marizal se assemelha em termos de ânions com a da Formação Barreiras e Marizal são mais cloretadas do que bicarbonatadas enquanto que na Formação São Sebastião existe certo equilíbrio entre as águas subterrâneas cloretadas e bicarbonatadas. As águas subterrâneas nos níveis superiores da Formação São Sebastião são mais cloretadas, enquanto os membros inferiores já próximos ao contato com o Grupo Ilhas se apresentam mais bicarbonatadas (Petrobrás/UFBA, 2012). Esse fato foi constatado na região do município de Candeias, podendo comprometer a utilização da Água subterrânea para aproveitamento industrial.

**Figura 4** - Classificação da água subterrânea na Formação São Sebastião



**Tabela 9** - Relações iônicas características – Formação São Sebastião (em meq L<sup>-1</sup>)

Anions	Cátions	Poços Tubulares	%	%
Cl>HCO3>SO4	Na>Mg>Ca	05	18,8	
	Na>Ca>Mg	06	22,2	55,5
	Ca>Na>Mg	04	14,8	
HCO3>Cl> SO4	Na>Mg>Ca	05	18,5	
	Na>Ca>Mg	03	11,2	44,5
	Ca>Na>Mg	04	14,8	
TOTAL		27	100	100

**Análise de variância (Anova) - Fator único**

Para a realização dos cálculos da análise de variância utilizou-se os parâmetros cálcio, magnésio, cloreto, bicarbonato e ferro total obtidos nas águas subterrâneas oriundas das Formações Barreiras, Marizal e São Sebastião. Partiu-se da hipótese nula de que não haveria diferença significativa quando comparadas a variância das médias dentro de cada Formação ( $S_x^2$ ) e a variância das médias existente entre cada Formação estudada ( $S_p^2$ ). Os resultados mostraram que a razão-F calculado pela divisão  $nS_x^2 / S_p^2$  foi sempre menor do que um F crítico tabelado para todos os parâmetros referidos acima. Considerou-se, em todos os casos, um grau de

liberdade  $C=2$  e  $C(n-1)$  sendo que este último variou conforme o parâmetro químico utilizado (Tabelas 10). Para que a hipótese  $H_0$  pudesse ser aceita, o valor da probabilidade  $p$  teria que ser  $> 0,05$ . Considerando os resultados obtidos (Tabela 10) pode-se afirmar que não existe diferença significativa entre a variância das médias para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Assim, pode-se considerar que para os parâmetros utilizados nos cálculos ANOVA não existe diferença significativa entre os aquíferos Barreiras, Marizal e São Sebastião na região do Recôncavo Norte, considerando o nível de significância do método e o número de amostras utilizadas.

**Tabela 10 - Análise de variância - ANOVA (fator único)**

Anova: fator único						Calcio					
RESUMO											
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância							
Tb	36	575,87	15,99639	452,2203							
Km	21	424,67	20,22238	893,1935							
Kss	27	348,58	12,91037	175,3855							
ANOVA											
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico					
Entre grupos	631,8238	2	315,9119	0,67	0,52	3,11					
Dentro dos grupos	38251,61	81	472,2421								
Total	38883,43	83									

Anova: fator único						Magnesio					
RESUMO											
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância							
Tb	36	208,61	5,794722	19,42587							
Km	23	247,47	10,75957	328,4766							
Kss	27	348,58	12,91037	175,3855							
ANOVA											
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico					
Entre grupos	842,9929	2	421,4964	2,81	0,07	3,11					
Dentro dos grupos	12466,41	83	150,1978								
Total	13309,41	85									

Anova: fator único						Cloreto					
RESUMO											
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância							
Tb	36	3488,04	96,89	49877,78							
Km	23	1501,76	65,29391	10749,81							
Kss	27	537,9	19,92222	203,0369							
ANOVA											
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico					
Entre grupos	91432,01	2	45716,01	1,91	0,15	3,11					
Dentro dos grupos	1987497	83	23945,75								
Total	2078929	85									

Anova: fator único						Bicarbonato					
RESUMO											
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância							
Tb	36	1641,52	45,59778	2446,052							
Km	23	606,93	26,38826	420,4862							
Kss	27	1107,89	41,03296	1762,254							
ANOVA											
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico					
Entre grupos	5336,917	2	2668,459	1,57	0,21	3,11					
Dentro dos grupos	140681,1	83	1694,953								
Total	146018	85									

Anova: fator único						Ferro Total					
RESUMO											
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância							
Tb	18	13,64	0,757778	0,958748							
Km	14	7,13	0,509286	0,108053							
Kss	19	7,9	0,415789	0,156804							
ANOVA											
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico					
Entre grupos	1,134996	2	0,567498	1,33	0,27	3,19					
Dentro dos grupos	20,52587	48	0,427622								
Total	21,66086	50									

## CONCLUSÕES

Em todos os três aquíferos estudados observa-se uma predominância da relação iônica do tipo  $rCl > HCO_3 > SO_4$  e secundariamente uma associação  $rHCO_3 > Cl > SO_4$ , sendo a segunda um pouco mais freqüente nas águas da Formação São Sebastião devido a uma maior influência da litofaciologia.

As águas subterrâneas foram classificadas predominantemente como cloretadas sódicas devido a influência das águas meteóricas de recarga e, secundariamente, apresentam-se como bicarbonatadas mistas devido a influência das litofaciologias que compõem os três aquíferos caracterizando reservatórios bastante semelhantes do ponto de vista hidroquímico.

Nos poços tubulares pesquisados as águas subterrâneas são fundamentalmente doces (desmineralizadas) nos três aquíferos com uma quantidade média (mediana) de sólidos totais dissolvidos (STD) sempre inferior a 200 mg/L, com destaque para a Formação São Sebastião. Os anions que mais contribuem para o STD nas Formações Barreiras e Marizal são  $Na^+$ ,  $Mg^+$  e  $Cl^-$  enquanto na Formação São Sebastião são  $Na^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4$  e  $SiO_2$ .

Com relação ao bicarbonato e a dureza total pode-se observar que os valores medianos encontrados foram baixos e bastante semelhantes entre os três aquíferos, sendo o Ca e Mg os maiores responsáveis pela dureza nas Formações Barreiras e Marizal e Mg -  $SiO_2$  na Formação São Sebastião.

O ferro total apresentou valores médios altos e semelhantes nos três aquíferos, sendo o responsável principal pela turbidez da água na Formação São Sebastião e pela cor aparente nas Formações Barreiras e Marizal.

Os valores médios da cor aparente e da turbidez são bastante semelhantes nos três aquíferos, podendo apresentar em alguns pontos da região valores muito altos, bem acima do máximo permitido pela Portaria MS 2914/2011.

A análise de variância ANOVA mostrou que não existe diferença significativa entre os três aquíferos quando se examina a presença de Ca, Mg, Cl,  $HCO_3$  e ferro total, considerando um nível de significância de 95% e um número de observação N variando em função do parâmetros analisado.

Considerando os parâmetros utilizados e o número de observações analisado pode-se considerar que do ponto de vista hidrogeoquímico não existem diferenças significativas entre as Formações Barreiras, Marizal e São Sebastião. A influência principal na composição das águas subterrâneas é da recarga de chuvas (influência meteóricas), vindo em segundo lugar a influência litofaciológica das três Formações, com um pequeno destaque para o aquífero São Sebastião devido aos sistemas deltaicos e lagunares que

atuaram também na época da sua formação com deposição de mais siltitos, folhelhos e calcários.

Na região podem-se encontrar valores extremos e espúrios resultantes de algum tipo de contaminação doméstica e urbana ou mesmo das próprias condições de conservação dos poços tubulares revelados pelos valores de nitratos, nitritos, turbidez e cor aparente.

## REFERÊNCIAS

ABOARRAGE, A. M. **Estudo da unidade cronoestratigráfica L-1 (Bacia do Recôncavo – Formação São Sebastião)**. Rio de Janeiro: Petrobras, RPBA, Arquivo *DIREX*, 1970. (Relatório n. 1358).

BAHIA. Companhia de Engenharia Rural da Bahia. **Cadastro de poços tubulares**. Salvador: Centro de Documentação, 2010.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Sistema de informações de água subterrânea - SIAGAS**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <<http://dtr2011.saude.gov.br/dab//saudebucal/legislacao/portaria>>. Acesso em: 04 jan. 2012.

MENDES, B.; OLIVEIRA J.F.S. **Qualidade da água para consumo humano**. Cidade do Porto, Portugal: Lidel, 2004.

MÖBUS, G. **Qualigraf**. Software para interpretação de análises físico-químicas. Fortaleza: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/software/qualigraf>>. Acesso em: 17 jun 2010.

NASCIMENTO, S. A. de M.; ALVES J. E. Caracterização hidrogeoquímica e evolução da água subterrânea na área do polo industrial de Camaçari – Bahia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 24, Aracaju, 2011. **Anais...** 2011, p. 316.

PETROBRÁS/UFBA. **Estudo da disponibilidade hídrica e projeção de cenários futuros nas bacias hidrográficas do Recôncavo Norte e Inhambuque e seus domínios aquíferos no Estado da Bahia**. Salvador: Petrobrás, 2012. (Contrato: 4600305124 – PETROBRÁS/ UFBA).

PIPER, A. M. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 25, p. 911-923, 1944.

WONNACOTT, R. J.; WONNACOTT, T. H. **Fundamentos de estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 1985. 348 p.