

# HIDROQUÍMICA DO AQUÍFERO BARREIRAS NO BAIRRO DE JORDÃO – RECIFE – PERNAMBUCO

Adson B. Monteiro<sup>1</sup>, Dayse L. Barbosa<sup>2</sup>, Jaime Joaquim S. P. Cabral<sup>3</sup> e Clenio de Oliveira T. Filho<sup>4</sup>

**Resumo** – O Aquífero Barreiras localizado no Bairro do Jordão constitui um dos principais mananciais da região sul do Recife. Suas águas vêm sendo usadas principalmente para abastecimento humano, industrial e hospitalar nos bairros próximos, além de suprir a própria população do bairro. O objetivo principal deste trabalho foi à caracterização hidroquímica das águas deste aquífero quanto ao íon dominante, parâmetros físicos e quanto ao uso. O aquífero Barreiras é um aquífero livre, na região do Jordão está inserido na Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo, encontra-se sobreposto ao Aquífero Algoduais (confinado). A caracterização hidroquímica do Aquífero Barreiras foi feita utilizando resultados das análises físico-química das águas de mais de 50 poços cadastrados e outorgados pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA de Pernambuco. Foi efetuado um balanço químico entre cátions e ânions, uma análise de consistência dos dados e realizado um estudo estatístico dos parâmetros físico-químicos. Os resultados mostram que do ponto de vista físico-químico as águas do Barreiras na região são adequadas para consumo humano desde que sejam observados os parâmetros bacteriológicos, adequadas para consumo animal, para irrigação e para indústrias que não sejam muito exigentes em termos de limite máximo de ferro e de faixa admissível de pH.

**Abstract** – Barreiras aquifer is located on Jordão neighbourhood and is one of the main water sources for Recife south region. Water from Barreiras aquifer has been used mainly for public supply, industry and hospitals in Jordão neighbourhood and adjacent areas. This work deals with the hydro chemical characterization of Barreiras aquifer taking in account the predominant ion, physical parameters and water use. Barreiras is a non confined aquifer and in Jordão district it is part of Cabo sedimentary volcanic basin and overlies Algoduais aquifer (confinated). Hydro chemical

<sup>1</sup> Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Gerência da Unidade Administração e Controle dos Recursos Hídricos; Rua Benfica, 285 – Madalena – Recife/PE. Fone: (81) 3445.7192/212. E-mail: [adsbrito@bol.com.br](mailto:adsbrito@bol.com.br)

<sup>2</sup> Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Gerência da Unidade Administração e Controle dos Recursos Hídricos; Rua Benfica, 285 – Madalena – Recife/PE. Fone: (81) 3445.7192/212. E-mail: [dayseluna@yahoo.com.br](mailto:dayseluna@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências - Laboratório de Hidráulica; Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife/PE. Fone: (81) 3271.8223. E-mail: [jcabral@ufpe.br](mailto:jcabral@ufpe.br)

<sup>4</sup> Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Gerência da Unidade Administração e Controle dos Recursos Hídricos; Rua Benfica, 285 – Madalena – Recife/PE. Fone: (81) 3445.7192/212. E-mail: [cleniotorres@bol.com.br](mailto:cleniotorres@bol.com.br)

characterization was performed using analysis results of more than 50 wells whose right of use have been conceded by SECTMA (Science, Technology and Environment Secretary of Pernambuco State). Ion budget have been performed, data consistency have been checked and statistical analyses of physical and chemical parameters have been carried out. Results show that water from Barreiras aquifer can be used for irrigation and animal consumption; it could be used for human consumption if microorganism analysis and treatment be provided; and it could be used by industries that are not too restrictive to iron and pH range.

**Palavras-chave** – Aquífero Barreiras; Hidroquímica; Qualidade da Água.

## **INTRODUÇÃO**

O Aquífero Barreiras localizado no Bairro do Jordão constitui um dos principais mananciais da região sul do Recife. Suas águas vem sendo usadas principalmente para abastecimento humano, industrial e hospitalar através da comercialização por meio de caminhões pipa além de suprir a própria população do bairro.

Monteiro et al (2002, 2003) vem estudando sistematicamente este Aquífero tendo já caracterizado sua hidrogeologia e a gestão realizada pela Secretaria de Recursos Hídricos – SRH (Secretaria extinta, tendo suas atribuições englobadas pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA), bem como determinado a vulnerabilidade natural e a distribuição espacial dos nitratos.

O objetivo principal deste trabalho é a caracterização hidroquímica das águas deste aquífero quanto ao íon dominante, quanto a parâmetros físicos e quanto ao uso.

## **LOCALIZAÇÃO**

A área localiza-se na zona sudoeste da cidade do Recife, precisamente no bairro do Jordão, entre as coordenadas UTM 284103 e 288593 mE e 9098025 e 9101869 mN, meridiano 33°, num total de 12,59 km<sup>2</sup> (Figura 1). Geotectonicamente, está inserida na Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo, sendo constituída de duas unidades hidrogeológicas na região do Jordão, o Aquífero Algodoads confinado, sobreposto pelo Aquífero Livre Barreiras, objeto deste estudo.

## **GEOLOGIA**

A Formação Barreiras é constituída por conglomerados de cor creme a avermelhada, com seixos e grânulos sub-angulosos de quartzo e blocos de argila retrabalhada, em corpos tabulares a lenticulares de até 1m de espessura. Nesses conglomerados intercalam-se camadas siltico-argilosas menos esparsas, determinando algumas vezes estratificações paralelas.

Em algumas porções da área encontramos depósitos de granulometria variada, apresentando cascalhos e areias grossas a finas, geralmente feldspáticas e de cores claras. Esses depósitos mostram intercalações com sedimentos finos sob a forma de camadas e lentes de argila/silte.

## **METODOLOGIA**

A caracterização hidroquímica do Aquífero Barreiras foi feita utilizando os resultados das análises físico-química das águas dos poços cadastrados e outorgados pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA do Governo do Estado de Pernambuco.

Inicialmente foi efetuado um balanço químico entre os cátions e ânions e determinado o coeficiente de erro da análise química (e%). Consideramos o valor de e%=10 como valor máximo de erro para que a análise estivesse correta. As principais causas dos valores maiores que 10 foram devidos a análises incompletas, erros analíticos e erros de cálculo. A Tabela 1 mostra uma síntese dos dados utilizados neste trabalho.

Após a análise de consistência dos dados e descarte das amostras com erro, foi realizado um estudo estatístico dos parâmetros físico-químicos e as águas do Aquífero Barreiras classificadas quanto ao íon dominante, quanto a parâmetros físicos e quanto ao uso.

A Classificação Iônica serve para identificar a água com relação aos íons dominantes, tanto de ânions como de cátions. Diz-se que certos íons são dominantes quando sua concentração ultrapassa 50% da soma em miliequivalentes de todos os íons monovalentes. Se os íons tem valores menores ou iguais a 50% da soma em miliequivalentes de todos os íons monovalentes, então a água é denominada de acordo com os ânions e cátions mais abundantes.

Para classificar a água quanto aos íons dominantes foram elaborados o Diagrama de Piper e o Diagrama de Stiff.

Quanto a Parâmetros Físicos classificamos a água do aquífero com relação ao Resíduo Seco, a Dureza Total e o PH

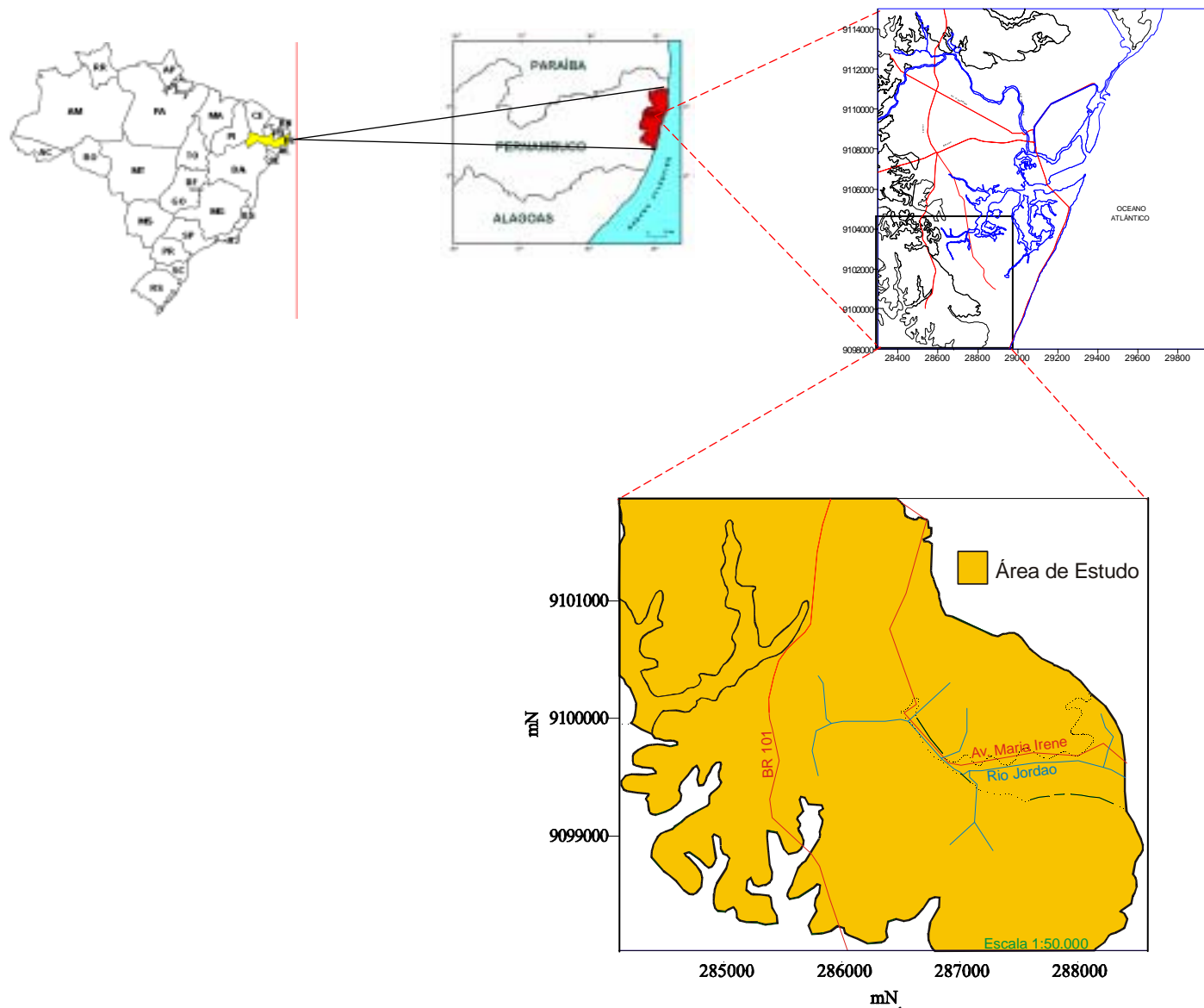


Figura 1. Localização da Área de Estudo.

Tabela 1 – Síntese dos Dados Estudados

SECTMA	Coordenadas-UTM		CONCENTRAÇÃO (mg/l)																	CE (mS/cm)	pH
	Norte	Leste	Ca++	Mg++	Na+	K+	Fe	Mn+2	HCO3-	CO3--	SO4--	Cl-	NO3-	NO2	SiO2	RS	STD	Dur. Total	Alcal. Total		
621	286860	9099589	53,40	2,40	12,70	5,50	0,420	0,006	184,40	0,00	3,80	15,50	0,00	0	7	234,05	2,50	143,20	151,20	341,0	7,100
638	288207	9099688	6,40	5,80	18,10	8,40	0,000	0,006	24,39	0,00	8,70	35,00	1,00	0,1	1	82,03	119,00	40,00	20,00	110,0	5,800
640	287962	9099656	4,80	6,80	18,40	9,40	0,000	0,006	12,20	0,00	5,80	28,00	3,25	0	2	101,78	100,00	40,00	10,00	140,0	5,200
673	286950	9099989	1,00	1,34	10,90	7,30	0,020	0,006	4,88	0,00	2,25	16,90	3,64	0	1,25	73,81	76,25	8,00	4,00	97,5	4,900
729	288329	9099658	1,20	1,31	17,90	10,10	0,200	0,006	25,61	0,00	9,20	23,10	0,41	0	3,9	96,58	109,38	8,39	21,00	132,1	5,400
730	288268	9099565	0,80	1,21	19,50	8,60	0,130	0,006	21,95	0,00	12,20	23,10	0,06	0	7,4	101,05	112,03	6,98	18,00	138,9	5,600
731	288084	9099687	0,40	0,85	8,80	5,70	0,150	0,006	4,88	0,00	5,40	18,60	0,20	0	2,5	58,93	61,37	4,50	4,00	74,9	4,800
732	288145	9099718	0,40	0,85	8,70	6,90	0,040	0,006	16,59	0,00	6,70	17,70	0,32	0	1,3	61,24	69,53	4,50	13,60	78,4	4,700
789	286648	9099707	2,00	0,49	19,30	7,21	0,020	0,006	3,66	0,00	3,10	37,10	3,43	0	19	113,88	115,71	7,02	3,00	158,4	4,500
835	286657	9099711	3,20	1,82	28,20	8,86	0,090	0,006	2,44	0,00	9,72	46,00	2,70	0	20	141,26	142,48	15,50	2,00	200,0	4,400
836	286651	9099705	2,00	0,49	8,40	6,45	0,150	0,006	6,10	0,00	6,50	21,20	0,56	0	23	56,63	59,68	7,02	5,00	71,4	4,700
840	286062	9099923	1,00	0,12	8,80	5,90	0,040	0,006	6,83	0,00	2,00	17,70	0,27	0	2,3	60,84	64,26	3,00	5,60	77,8	5,000
841	286001	9099954	1,20	1,21	12,50	7,60	0,110	0,006	1,95	0,00	2,00	21,20	3,47	0	2	85,78	86,76	8,00	1,60	115,7	4,800
842	286092	9100046	1,20	1,21	14,90	7,50	0,030	0,006	16,59	0,00	5,00	21,20	2,96	0	4,5	87,36	95,66	8,00	13,60	118,1	5,500
843	286031	9100015	1,20	2,19	17,80	10,00	0,110	0,006	8,54	0,00	2,00	24,80	5,62	0	2,3	110,79	115,06	12,00	7,00	153,7	5,100
844	286215	9099893	1,20	2,19	17,80	10,40	0,030	0,006	9,76	0,00	7,70	24,80	5,23	0	5	109,74	114,62	12,00	8,00	152,1	5,100
853	287075	9099406	2,40	6,08	30,90	7,96	0,020	0,006	0,00	0,00	2,70	49,50	9,50	0	4	165,61	165,61	31,00	0,00	237,0	4,000
856	286001	9099954	8,40	3,89	25,90	4,81	0,090	0,006	0,00	0,00	6,30	38,90	13,00	0	2,05	161,00	161,00	37,00	0,00	230,0	3,900
857	285970	9100015	3,20	3,16	19,40	3,35	0,010	0,006	0,00	0,00	1,50	27,40	6,41	0	2,25	116,25	116,25	21,00	0,00	162,0	3,900
858	285939	9100046	0,80	1,82	14,30	6,22	0,010	0,006	11,65	0,00	1,00	19,50	3,65	0	2,5	81,37	87,20	9,49	9,55	109,0	5,100
905	286891	9099497	7,20	4,00	39,10	12,80	0,200	0,006	36,59	0,00	0,00	78,40	1,25	0,1	4,2	314,34	291,10	36,00	30,00	463,0	5,100
945	288115	9099657	1,20	0,40	11,40	7,91	0,030	0,006	8,54	0,00	3,10	22,20	4,92	0	4	78,08	82,35	4,60	7,00	104,0	4,500
983	286820	9099620	2,40	4,61	37,50	3,63	0,060	0,006	1,83	0,00	18,20	61,90	3,84	0	9	157,06	157,97	25,00	1,50	224,0	4,400
984	286922	9099497	1,60	0,48	9,70	6,85	0,090	0,006	15,85	0,00	2,50	19,50	0,74	0	4	66,04	73,97	5,98	13,00	85,7	4,900
1040	286814	9102846	2,40	1,09	15,50	5,15	0,990	0,006	36,59	0,00	2,00	19,46	0,10	0,02	12,6	82,03	100,32	10,50	30,00	110,0	6,900
1042	288057	9099632	1,50	0,60	21,90	10,50	0,290	0,006	26,90	0,00	10,70	24,00	1,45	0	5,6	100,72	114,17	6,20	22,00	138,4	5,900
1043	288048	9099623	2,50	0,90	13,80	7,40	0,060	0,006	7,30	0,00	4,40	27,00	4,97	0	6	86,18	89,83	9,90	6,00	116,3	5,500
1045	286881	9101587	3,00	4,74	25,70	5,51	0,140	0,006	1,22	0,00	4,50	36,30	10,20	0	3,85	149,16	149,77	27,00	1,00	212,0	4,400
1113	286098	9100209	9,60	5,80	37,00	15,60	0,100	0,006	60,98	0,00	0,00	71,00	1,50	0	4	274,86	250,00	48,00	50,00	403,0	6,800
1147	286860	9099466	2,40	3,77	18,50	6,35	0,130	0,006	4,27	0,00	5,77	30,00	7,78	0,02	6	116,91	119,05	21,50	3,50	163,0	4,700
1150	286922	9099405	4,40	4,98	30,40	10,30	0,005	0,006	0,00	0,00	6,38	46,80	13,80	0	5,3	184,04	184,04	31,50	0,00	265,0	4,100
1153	288471	9099554	0,60	0,36	9,10	8,96	0,100	0,006	7,93	0,00	4,99	18,60	0,43	0	7,25	58,87	62,83	2,98	6,50	74,8	4,900
1155	287564	9099556	4,80	2,60	33,00	6,30	0,200	0,006	60,98	0,00	0,00	56,30	0,00	0	1,8	147,84	132,00	23,00	50,00	210,0	6,300

Continuação da Tabela 1

SECTMA	Coordenadas-UTM		CONCENTRAÇÃO (mg/l)																	CE (mS/cm)	pH
	Norte	Leste	Ca++	Mg++	Na+	K+	Fe	Mn+2	HCO3-	CO3--	SO4--	Cl-	NO3-	NO2	SiO2	RS	STD	Dur. Total	Alcal. Total		
1156	288157	9099709	4,80	2,70	16,30	3,20	0,100	0,006	30,49	0,00	0,00	28,40	0,00	0	1,4	114,94	96,30	16,00	25,00	160,0	5,800
1172	288136	9099651	1,00	1,33	9,70	10,90	0,150	0,006	3,66	0,00	7,15	20,30	1,12	0	4	71,83	73,66	7,97	3,00	94,5	5,100
1173	288121	9099666	2,00	1,09	12,20	11,10	0,520	0,006	0,00	0,00	10,20	21,20	1,71	0	3,4	81,57	81,57	9,48	0,00	109,3	4,700
1182	286644	9099957	3,60	2,80	26,10	6,20	0,100	0,006	36,59	0,00	0,00	57,10	0,00	0	2,2	180,75	163,20	18,00	30,00	260,0	6,100
1183	287014	9099467	4,90	1,20	13,80	10,90	0,230	0,006	19,50	0,00	10,00	23,00	9,99	0	3,55	82,03	80,00	17,30	16,00	110,0	5,200
1222	288569	9099502	1,60	0,24	10,70	9,70	0,070	0,006	7,93	0,00	9,21	17,70	0,17	0	8,3	71,57	75,53	5,00	6,50	94,1	4,700
1310	286695	9100163	2,80	2,19	17,10	5,75	0,030	0,012	0,00	0,00	0,23	26,50	7,60	0,02	1,25	109,94	109,94	16,00	0,00	152,4	4,100
1314	286565	9101702	1,60	1,09	10,30	7,50	0,050	0,006	9,63	0,00	5,78	16,80	0,21	0	5,45	69,59	74,41	1,48	7,90	91,1	5,500
1333	287452	9099423	4,20	2,40	23,50	4,60	0,100	0,006	48,78	0,00	0,00	36,30	0,00	0	1,2	114,94	100,60	18,00	40,00	160,0	6,200
1334	287378	9099460	8,00	4,70	26,40	5,10	0,100	0,006	48,78	0,00	0,00	49,10	0,00	0	2,3	177,46	161,20	38,00	40,00	255,0	4,000
1337	286572	9100875	1,98	2,00	16,20	5,00	0,600	0,006	6,12	0,00	1,50	19,50	6,10	0	2,2	100,20	103,26	13,20	5,02	137,6	4,800
1415	286684	9099908	8,60	5,30	47,20	14,30	0,100	0,006	85,37	0,00	0,00	85,20	0,00	0	6,1	437,41	409,10	41,00	70,00	650,0	6,200
1447	286922	9099374	1,60	0,48	9,70	6,85	0,090	0,006	15,85	0,00	6,50	19,50	0,74	0	5,8	66,04	73,97	5,98	13,00	85,7	4,900
1464	286093	9099924	2,60	2,67	26,10	8,60	0,110	0,006	0,00	0,00	5,50	38,80	6,56	0	2,8	130,27	130,27	17,50	0,00	183,3	4,000
1465	286093	9099908	12,20	4,98	43,20	14,20	0,050	0,006	0,00	0,00	18,70	61,80	15,40	0	2,9	243,27	243,27	51,00	0,00	355,0	3,700
1466	286154	9099955	9,20	4,37	41,20	14,30	0,020	0,006	0,00	0,00	14,50	54,70	15,50	0	4	226,81	226,81	41,00	0,00	330,0	3,900
1467	286123	9099948	8,20	4,74	40,90	9,80	0,020	0,006	0,00	0,00	9,40	55,60	14,80	0	3,5	215,63	215,63	40,00	0,00	313,0	3,800
1586	287111	9099557	2,00	0,49	15,50	7,70	0,270	0,006	8,54	0,00	13,84	28,20	0,96	0	2,3	82,16	86,43	7,02	7,00	110,2	5,100
1588	287626	9099501	0,80	2,19	11,40	10,10	0,400	0,006	6,10	0,00	13,00	21,20	0,54	0	5	85,98	89,03	11,00	5,00	116,0	4,700
1590	287083	9099578	2,20	0,36	12,20	8,90	0,060	0,006	10,37	0,00	2,11	22,90	1,59	0	2,45	73,35	78,53	6,98	8,50	96,8	5,000
1876	286977	9101369	2,00	2,19	24,00	9,10	0,040	0,006	5,49	0,00	3,65	33,60	4,50	0	2,67	103,75	106,49	14,00	4,50	143,0	4,600

O Resíduo Seco (RS) é o peso dos sais resultantes da evaporação de um litro d'água após a filtração para remoção de materiais em suspensão. Utilizamos os critérios sugeridos por Custódio & Lhamas (1983) mostrados no Quadro 1. Na determinação dos valores do Resíduo Seco foi usado a relação  $RS = 0,6581 * CE + 96,413$  com um índice de correlação de 98,9%. Esta relação foi conseguida por Costa e al. (2003) correlacionando os valores da condutividade elétrica (CE) com os de resíduo seco (RS) em 650 análises físico-químicas.

Quadro 1 – Classificação das Águas Subterrâneas pelo Resíduo Seco

TIPOS DE ÁGUAS	INTERVALO(mg/L)
Doce	0-2.000
Salobra	2.000-5.000
Salgada	5.000-40.000
Salmoura	> 40.000

A dureza pode ser definida como a propriedade de dissipar sabão, visto que em uma água dura a espuma não se produzirá enquanto os sais minerais causadores da dureza não houver sido removidos pela sua combinação com o sabão. Quase toda dureza da água provém do cálcio e magnésio. A Dureza Total é a somatória da dureza de carbonatos da dureza de carbonatos com a dureza de não carbonatos. O quadro abaixo mostra a classificação das águas subterrâneas quanto a dureza segundo Custódio & Lhamas (1983).

Quadro 2 - Classificação das Águas Subterrâneas pela Dureza Total

CLASSE DE ÁGUAS	INTERVALO (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )
Branda	< 50
Pouco Dura	50-100
Dura	100-200
Muito Dura	> 200

O PH é a medida da concentração de íons H<sup>+</sup> na água. O balanço dos íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) e hidróxido (OH<sup>-</sup>) determina se a água é ácida (PH<7), neutra (PH=7) ou básica (PH>7).

Quanto ao Uso classificamos a água do aquífero para Consumo Humano, Agricultura, Consumo Animal e uso Industrial.

Na classificação da água para Consumo Humano foi utilizado a Portaria nº 518/GM do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004 (Quadro 3).

Quadro 3 - Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH <sup>(2)</sup>	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Gosto	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT <sup>(4)</sup>	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

(3) critério de referência

(4) Unidade de turbidez.

Na determinação da água para agricultura foi adotado a classificação do United States Salinity Laboratory (USSL). Esta classificação se baseia na razão de adsorção de sódio(RAS) e na condutividade elétrica da água.

As categorias de águas da classificação USSL são as seguintes:

- C<sub>0</sub> - Águas de muita baixa salinidade. Podem ser utilizadas sem restrição para agricultura.
- C<sub>1</sub>- Águas de salinidade baixa. Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de incidentes quanto à salinização do solo.
- C<sub>2</sub> - Águas de salinidade média. Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-siltosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ser cultivados, na maioria dos casos, sem perigo.
- C<sub>3</sub> - Águas de alta salinidade. Só podem ser usadas em solos bem drenados. Apenas vegetais de alta tolerância salina devem ser cultivados.
- C<sub>4</sub> - Águas de salinidade muito alta. Geralmente não servem para irrigação, todavia podem ser excepcionalmente utilizadas em solos arenosos permeáveis abundantemente irrigados. Apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados.
- C<sub>5</sub> - Águas de salinidade extremamente. Utilizáveis apenas em solos excessivamente permeáveis e unicamente para palmeiras.
- S<sub>1</sub> - Águas fracamente sódicas. Presta-se ao cultivo de quase todos os vegetais.



- S<sub>2</sub> - Águas medianamente sódicas. Podem ser utilizadas para solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica e com boa permeabilidade.
- S<sub>3</sub> - Águas altamente sódicas. Há perigo de formação de teores nocivos de sódio na maioria dos solos, salvo nos solos gipsíferos.
- S<sub>4</sub> - Águas extremamente sódicas, geralmente imprestáveis para irrigação, salvo se a salinidade global é fraca ou pelo menos média.

Na determinação dos padrões para o consumo animal foi adotado a classificação de Logan (1965). Esta classificação é baseada nos valores de resíduo seco (quadro 4).

Quadro 4 - Classificação das Águas da RMR para Consumo Animal

CLASSE	RS (mg/L)
Boa	≤ 2.500
Satisfatória	2.500 - 3.500
Pobre	3.500 - 4.500
Insatisfatória	≥ 4.500

Devido a grande variedade de processos industriais foi realizado apenas uma análise da qualidade da água para algumas indústrias (quadro 5).

Quadro 5 - Critério de Qualidade da Água para Indústria Mathess, 1982, Szikszay, 1993, Driscoll, 1986.

PARÂMETRO	UNIDADE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	-	-	-	7.5	-	6.5-7	-	8	-	-
Dureza	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	50	180	50-80	30-100	50-75	25	50	50	100
Alcalinidade	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	-	-	80-150			128	135	-	-
Cálcio	mg/L Ca	-	-	500	20	200	-	-	10	-
Cloretos	mg/L Cl	-	30	-	20	100	250	-	100	75
Ferro	mg/L Fe	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.25	0.1
Manganês	mg/L Mn	0.5	0.1	0.2	-	0.1	0.2	0.2	0.25	0.05
R.S.	mg/L	-	500	850	-	1000	850	-	-	200
Nitrato	mg/L N	-	30	15	-	10	-	-	-	-
Amônia	mg/L NH <sub>3</sub>	-	traços	0.5	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	-	60	-	20	-	250	-	100	-
Fluoretos	mg/L F	-	-	1.0	-	1.0	1.0	-	-	-
Magnésio	mg/L Mg	-	-	-	10	30	-	-	-	-

Notas:

1 - Águas de Refrigeração	6 - Ind. de Bebidas e Suco de Frutas
2 - Ind. De Laticínios	7 - Curtume
3 - Ind. de Conservas Alimentícias	8 - Ind. Têxtil
4 - Ind. Açucareira	9 - Ind. de Papel
5 - Cervejaria	

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

De uma forma geral os valores da maioria dos conjuntos de amostras estudados não se ajustam de forma satisfatória a nenhuma distribuição teórica estatística, por este motivo os valores comentados a seguir se referem a resultados obtidos através de curvas de permanência de frequência real.

**Cálcio** - Os valores observados para os teores de cálcio (mg/l), variam de 0,40 a 53,40 tendo como média 4,18, para uma análise estatística mais detalhada o valor isolado 53,40 poderia ser considerado como ponto discrepante e ser desconsiderado. O valor associado à permanência de 50% é 2,30, estes valores demonstram uma variação bastante significativa com relação a concentração de cálcio dentro do aquífero estudado. Este fato fica bastante claro quando se observa o coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas, que são respectivamente 1,76 e 7,36. O conjunto de amostras tem como valor modal 1,20, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Magnésio** - Os valores observados para os teores de magnésio (mg/l), variam de 0,12 a 6,80 tendo como média 2,39, o valor associado a permanência de 50% é 2,10, estes valores demonstram uma variação pouco significativa com relação a concentração de magnésio dentro do aquífero, fato este se comparado com o comportamento do cálcio. Este fato fica bastante claro quando se observa o coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas, que são respectivamente 0,76 e 1,82. O conjunto de amostras tem como valor modal 2,19, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Sódio** - Os valores observados para os teores de sódio(mg/l), variam de 8,40 a 47,20 mg/l tendo como média 20,18, o valor associado a permanência de 50% é 17,8, estes valores demonstram uma variação pouco significativa com relação a concentração de Sódio dentro do aquífero estudado, no que diz respeito a potabilidade da água. A distribuição dos valores é bastante proporcional, fato que fica bastante claro quando se observa o coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas, que são respectivamente 0,51 e 10,31. O conjunto de amostras tem como valor modal 9,7, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Potássio** - Os valores observados para os teores de potássio (mg/l), variam de 3,20 a 15,60 tendo como média 8,13, o valor associado a permanência de 50% é 7,65, estes valores demonstram uma variação significativa com relação a concentração de potássio dentro do aquífero, no que diz respeito a potabilidade da água. Mesmo com valores encontrados considerados altos, a distribuição é bastante proporcional, fato comprovado quando se observa o coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas, que são respectivamente 0,35 e 2,83. O conjunto de amostras tem como valor modal 10,10, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Ferro** - Os valores observados para os teores de ferro (mg/l), variam de 0,00 a 0,99 tendo como média 0,13, o valor associado a permanência de 50% é 0,10. Apesar destes valores apresentarem uma variação significativa com relação à concentração de ferro dentro do aquífero, no que diz respeito a potabilidade da água o valor da frequência associada a valores abaixo de 0,30 mg/l (valor limite recomendado para potabilidade) é bastante elevado. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 1,28 e 0,17. O conjunto de amostras tem como valor modal 0,10 que se enquadra dentro dos limites de potabilidade para águas subterrâneas.

**Manganês** - Todos os valores encontrados para concentração de manganês foram 0,006 mg/l, com exceção apenas de uma amostra que foi encontrado o valor de 0,012, este fato dispensa comentários a respeito do comportamento estatístico deste elemento.

**Bicarbonato** - Os valores observados para os teores de bicarbonato (mg/l), variam de 0,00 a 184,40 tendo como média 18,05, o valor associado a permanência de 50% é 8,23, estes valores demonstram uma variação significativa com relação a concentração de Bicarbonato dentro do aquífero estudado. Os valores apresentados possuem uma grande variação na distribuição dos valores, fato constatado quando se observa o coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas, que são respectivamente 1,63 e 29,46. O conjunto de amostras tem como valor modal 0,00, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Carbonato** - As amostras não apresentaram teores de carbonato, fato que dispensa análise estatística.

**Sulfato** - Os valores observados para os teores de sulfato (mg/l), variam de 0,00 a 18,70 tendo como média 5,52, o valor associado a permanência de 50% é 5,50, estes valores demonstram uma pequena variação com relação a concentração de sulfato dentro do aquífero estudado. Os valores apresentados possuem uma distribuição bastante proporcional. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 0,86 e 4,74. O conjunto de amostras tem como valor modal 0,00, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Cloreto** - Os valores observados para os teores de cloreto (mg/l), variam de 15,50 a 85,20 tendo como média 32,89, o valor associado a permanência de 50% é 25,65, estes valores demonstram uma pequena variação com relação a concentração de cloreto no aquífero. Os valores apresentados possuem uma distribuição bastante proporcional. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 0,52 e 18,20. O conjunto de amostras tem como valor modal 21,20, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Nitrato** - Os valores observados para os teores de nitrato (mg/l), variam de 0,00 a 15,50 tendo como média 3,78, o valor associado a permanência de 50% é 1,65, estes valores demonstram uma grande variação com relação a concentração de nitrato dentro do aquífero estudado. Os valores apresentados possuem uma distribuição bastante desproporcional, porém com a grande maioria dos

valores abaixo de 10 (valor máximo recomendado). O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 1,18 e 4,46. O conjunto de amostras tem como valor modal 0,00, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Nitrito** - A grande maioria das amostras apresentou o valor zero para concentração de nitrito, com apenas cinco amostras apresentando valores 0,1 e 0,02 (mg/l), que se encontram dentro dos limites aceitáveis, por estes motivos foi dispensada a análise estatística desta substância.

**Sílica** - Os valores observados para os teores de sílica (mg/l), variam de 1,00 a 23,00 tendo como média 4,84, o valor associado a permanência de 50% é 3,88, estes valores demonstram uma variação normal com relação a concentração de sílica dentro do aquífero estudado no que diz respeito a águas subterrâneas. Os valores apresentados possuem uma distribuição relativamente desproporcional. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 0,93 e 4,5. O conjunto de amostras tem como valor modal 4,00, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Resíduo Seco** - Os valores observados de resíduo seco (mg/l), variam de 56,63 a 437,41 tendo como média 125,10, o valor associado a permanência de 50% é 101,41, estes valores caracterizam que todas as amostras podem ser consideradas de água doce dentro do aquífero estudado. A distribuição dos valores é relativamente proporcional. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 0,58 e 72,91. O conjunto de amostras tem como valor modal 82,03, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Dureza Total** - Os valores observados nas amostras (mg/l), variam de 1,48 a 143,20 tendo como média 19,90, o valor associado a permanência de 50% é 12,60, apesar da grande variação de valores apenas duas amostras apresentaram valores acima de 50. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 1,09 e 21,72. O conjunto de amostras tem como valor modal 40, ou seja, o valor mais freqüente encontrado.

**Alcalinidade Total** - Os valores observados nas amostras, em miligramas por litro, variam de 0,00 a 151,20 tendo como média 14,80, o valor associado a permanência de 50% é 6,75. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 1,63 e 24,16. O conjunto de amostras tem como valor modal 0,00, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**Condutividade Elétrica** - Os valores observados nas amostras, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , variam de 71,40 a 650,00 tendo como média 175,45, o valor associado a permanência de 50% é 139,45. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras analisadas são respectivamente 0,63 e 110,78. O conjunto de amostras tem como valor modal 110,00, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

**PH** - Os valores observados nas amostras, variam de 3,70 a 7,10 tendo como média 5,00, o valor associado a permanência de 50% é 4,90. O coeficiente de variação e o desvio padrão das amostras

analisadas são respectivamente 0,16 e 0,81. O conjunto de amostras tem como valor modal 4,70, ou seja o valor mais freqüente encontrado.

Os resultados da análise estatística são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Análise Estatística dos Dados

PARÂMETRO	MÍNIMO	MÉDIA	MAXÍMO	MEDIANA	DESV. PAD.	COEF. VAR.	MODA
Ca <sup>++</sup>	0,40	4,18	53,40	2,30	7,36	1,76	1,20
Mg <sup>++</sup>	0,12	2,39	6,80	2,10	1,82	0,76	2,19
Na <sup>+</sup>	8,40	20,18	47,20	17,80	10,31	0,51	9,70
K <sup>+</sup>	3,20	8,13	15,60	7,65	2,83	0,35	10,10
Fe	0,00	0,13	0,99	0,10	0,17	1,28	0,10
Mn <sup>+2</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,13	0,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	18,05	184,40	8,23	29,46	1,63	0,00
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,00	5,52	18,70	5,00	4,74	0,86	0,00
Cl <sup>-</sup>	15,50	32,89	85,20	25,65	17,18	0,52	21,20
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	3,78	15,50	1,65	4,46	1,18	0,00
NO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,10	0,00	0,02	4,03	0,00
SiO <sub>2</sub>	1,00	4,84	23,00	3,88	4,50	0,93	4,00
RS	56,63	125,10	437,41	101,41	72,91	0,58	82,03
STD	2,50	121,50	409,10	104,88	66,82	0,55	73,97
Dur. Total	1,48	19,90	143,20	12,60	21,72	1,09	40,00
Alcal. Total	0,00	14,80	151,20	6,75	24,16	1,63	0,00
CE (mS/cm)	71,40	175,45	650,00	139,45	110,78	0,63	110,00
pH	3,70	5,00	7,10	4,90	0,81	0,16	4,70

## CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

### Classificação iônica

Observa-se pelo Diagrama de Piper (figura 2) que as águas do Aquífero Barreiras no bairro do Jordão são predominantemente cloretada sódica, ocorrendo em menor escala a mista sódica e bicarbonatada cálcica (figura 3). O Diagrama de Stiff (figura 4) mostra o mesmo resultado porém de forma individualizada.

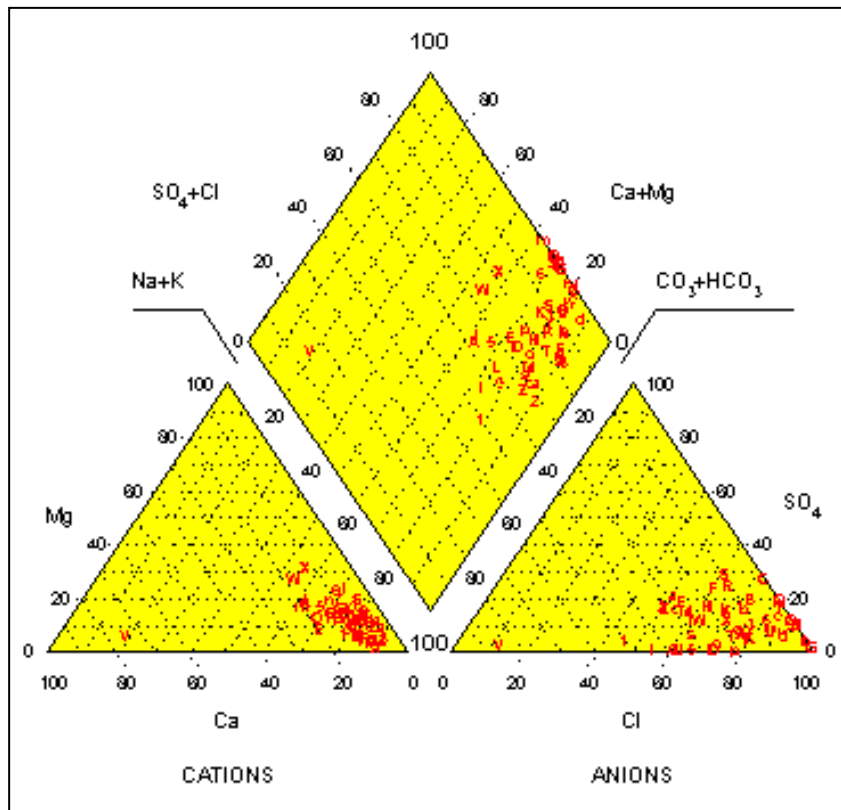


Figura 2 – Diagrama de Piper para Classificação das Águas do Aquífero Barreiras – Jordão – Recife - PE.

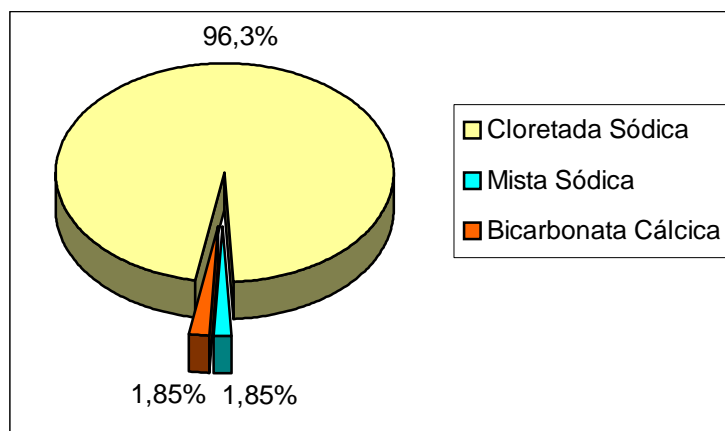


Figura 3 – Classificação Catiônica das Águas do Aquífero Barreiras no Bairro do Jordão – Recife.

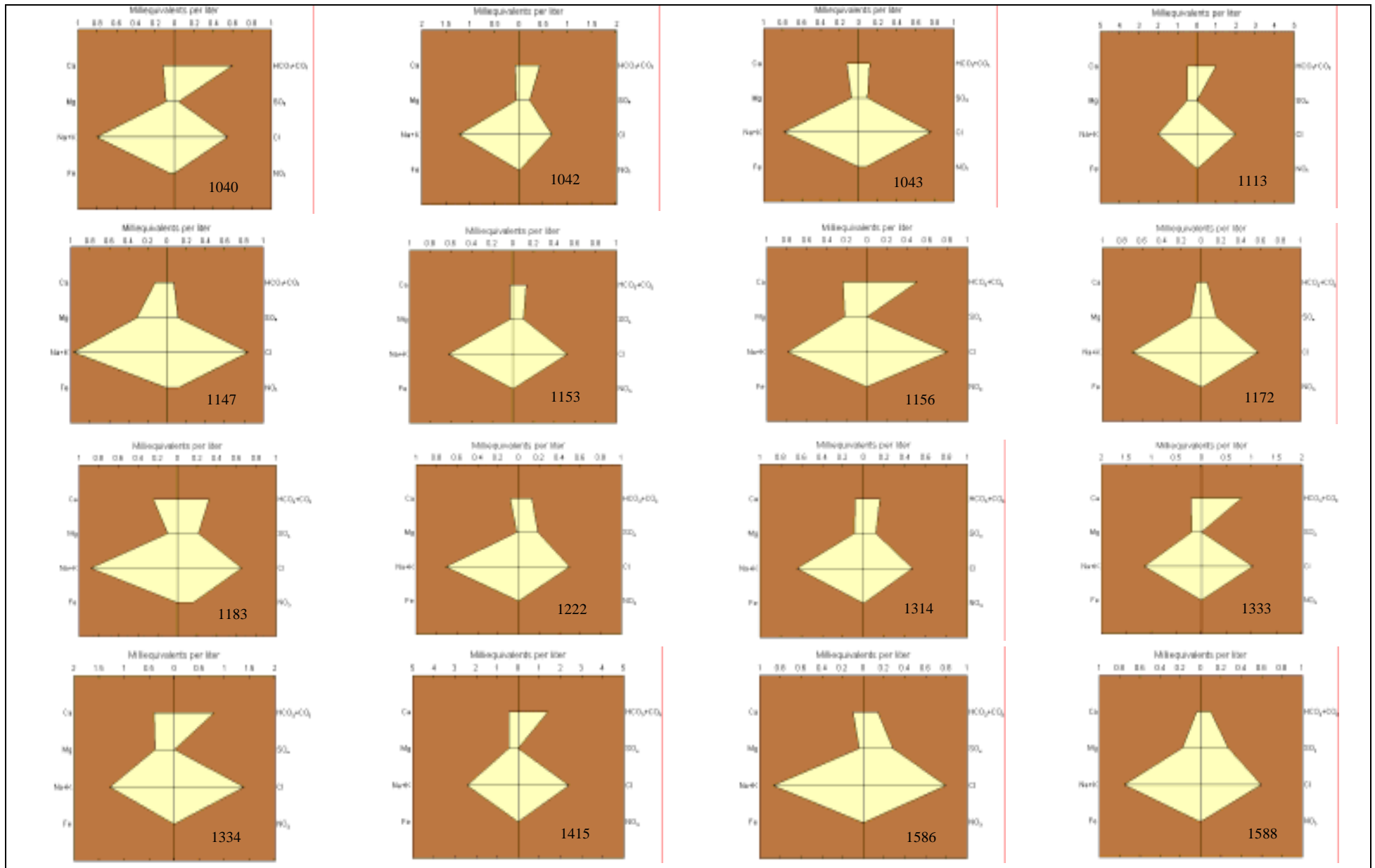
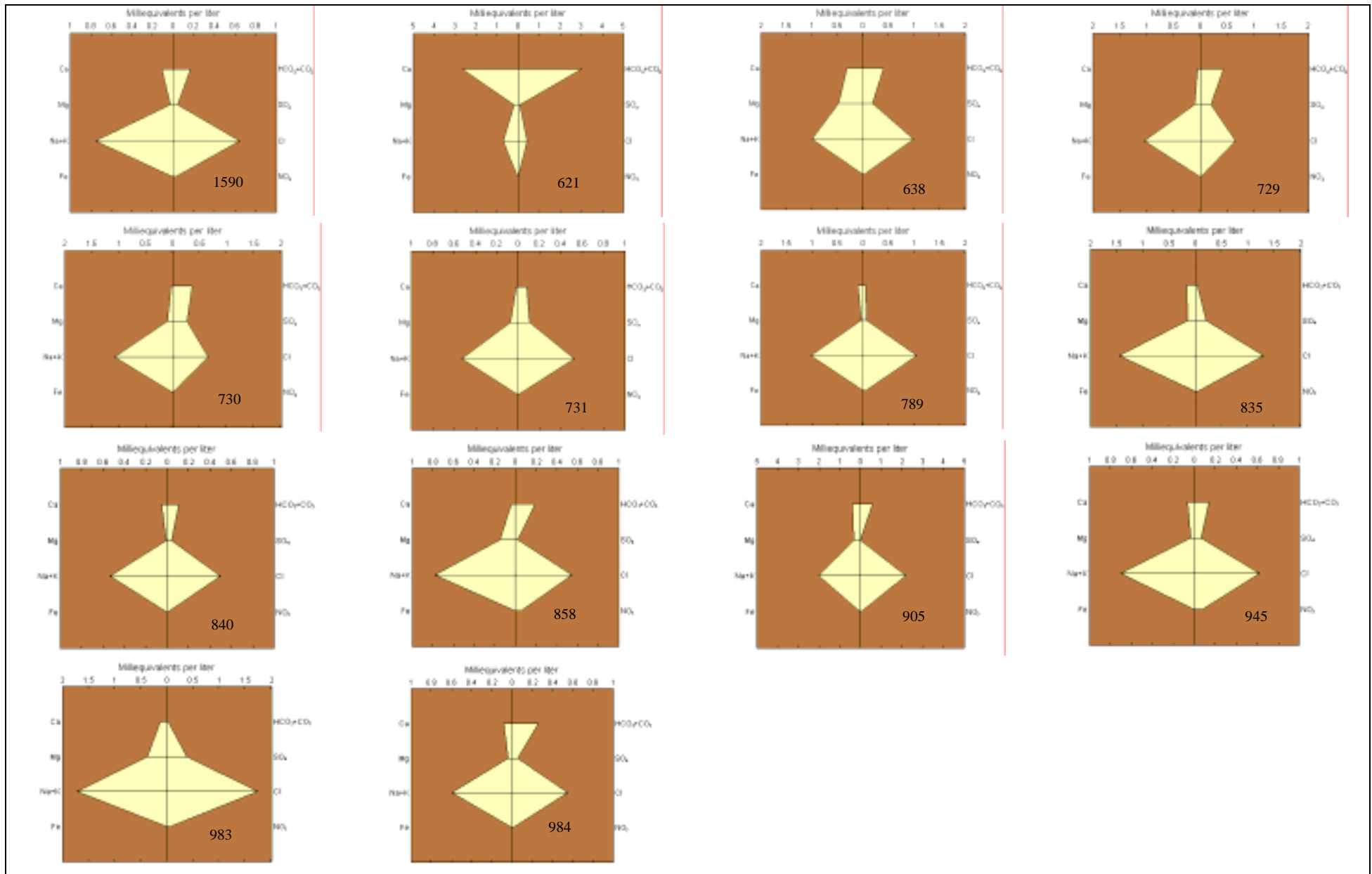


Figura 4 – Diagrama de Stiff para a Classificação das Águas do Aquífero Barreiras no Bairro do Jordão – Recife – PE.



Continuação da Figura 4 – Diagrama de Stiff



## Classificação quanto a parâmetros físicos

- **Resíduo Seco** – Pela análise estatística (tabela 2) observa-se que o resíduo seco da água varia entre 56,63 e 437,41 mg/l, com média de 125,1 mg/l sendo classificada como água doce de acordo com Custódio & Lhamas-1983 (Quadro 1).
- **Dureza Total** - Pelo resultado obtido (tabela 2) conclui-se que 97% das águas do Aquífero Barreiras se enquadram no intervalo de águas brandas de acordo com Custódio & Lhamas - 1983 (Quadro2). As águas de dureza média a dura ficam restritas aos locais onde água é bicarbonatada cálcica.
- **PH** – O aquífero Barreiras apresenta águas predominantemente ácidas, com média 5 e moda 4,7.

## Classificação quanto ao uso

- **Consumo Humano** - De acordo com a Portaria 518/GM do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004(Quadro 3), apenas o PH encontra-se fora dos limites de potabilidade. Entretanto, Monteiro et al (2003) determinaram o aumento do teor de nitrato ao longo da Bacia do Rio Jordão em decorrência da falta de saneamento básico, esgoto doméstico direcionado para fossas sépticas e fossas negras e esgoto a céu aberto despejando diretamente nos mananciais. Existe, portanto, a preocupação de que se os efluentes domésticos continuarem a escoar pelo solo sem nenhum tratamento, gradativamente os esgotos “in natura” irão se infiltrando até atingir o lençol freático e a qualidade das águas subterrâneas ficará comprometida.
- **Consumo Agrícola** – Utilizando a metodologia do *United States Salinity Laboratory(USSL)* observa-se três tipos de águas para uso agrícola (figura 5 e figura 6):
  1.  $C_0-S_1$  – Águas de muito baixa salinidade e fracamente sódicas. Podem ser utilizados sem restrição para a agricultura.
  2.  $C_1 - S_1$  – Águas de salinidade baixa e fracamente sódicas. Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de incidentes quanto a salinização do solo.
  3.  $C_2-S_1$  – Águas de salinidade média e fracamente sódicas. Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-siltosos quando houver uma lixiviação moderada do solo.

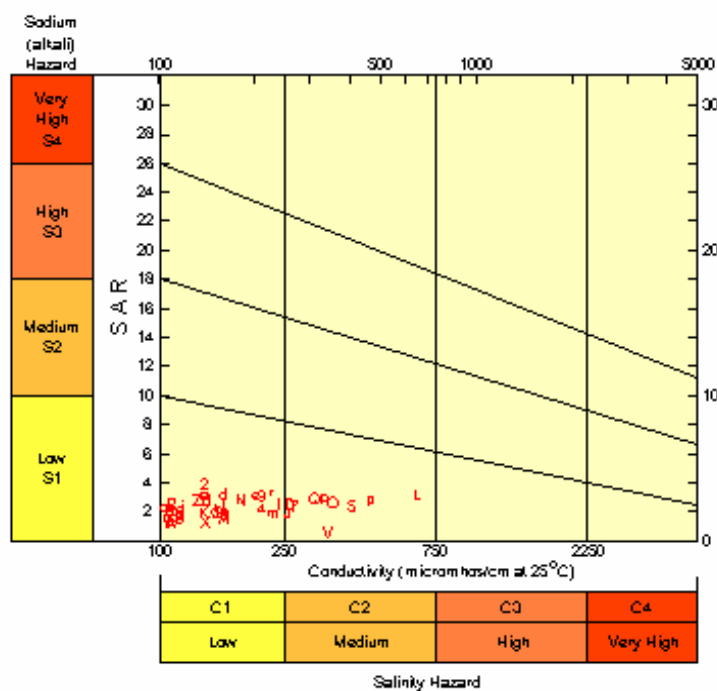


Figura 5 – Classificação de Águas para Irrigação, segundo o *United States Salinity Laboratory (USSL)*.

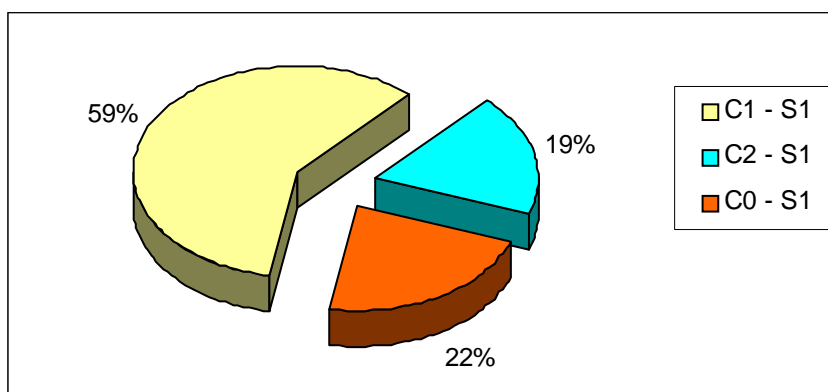


Figura 6 – Tipos de Águas do Aquífero Barreiras para Agricultura.

- **Consumo Industrial** - Os critérios de qualidade da água para aceitação na indústria são função do tipo de indústria e dos processos de industrialização. Numa análise simplificada pode ser visto que em geral as águas do aquífero Barreiras podem servir para quase todas as indústrias com exceção das que são mais exigentes no teor máximo admissível de ferro e na faixa admissível do pH.

## CONCLUSÕES

As águas do aquífero Barreiras, no bairro do Jordão, devido à boa qualidade de suas águas e devido à proximidade do mercado consumidor, vêm sendo usadas para abastecimento residencial, industrial e hospitalar, através de comercialização por meio de caminhão pipa.

Foram analisados dados de qualidade de água de mais de 50 poços do aquífero Barreiras para caracterização hidroquímica de suas águas.

Foi elaborado o diagrama de Piper com as análises químicas disponíveis e observou-se que as águas são predominantemente cloretada sódica, ocorrendo em menor escala a mista sódica e bicarbonatada cálcica. Foi elaborado também o diagrama de Stiff que deu resultados semelhantes.

A hidroquímica do aquífero Barreiras apresentou-se dentro dos padrões do Ministério da saúde para consumo humano, com exceção do pH. No entanto é importante lembrar o aumento do teor de nitrato nos poços próximos ao rio Jordão em virtude da falta de saneamento básico.

As águas do Barreiras se mostraram adequadas para uso agrícola na irrigação na maior parte dos casos (78%) e também se mostraram adequadas para quase todas as indústrias com exceção das que são mais exigentes no teor máximo de ferro e na faixa admissível de pH.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, MINISTERIO DA SAUDE, PORTARIA n<sup>o</sup> 518/GM – 2004 – Norma de Qualidade de Água Para Consumo Humano. Brasília.
- COSTA, W. D.; MANOEL FILHO, J.; SANTOS, A. C.; COSTA FILHO, W. D.; MONTEIRO, ADSON B.; SOUZA F. J. A. de; LOPES, A. V. G. – 1997 – Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife. Projeto HIDROREC, Recife. Convênio FADE/UFPE – IDRC Canadá, 228p. il.
- COSTA, W. D. (coordenadas) – 2002 – Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes – Projeto HIDROREC II – Secretaria de Recursos Hídricos – Governo do Estado de Pernambuco/ANA – Proágua, Recife.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. – 1983 – Hidrologia Subterrânea. Ed. Omega, 2<sup>a</sup> ed. Barcelona.
- DRISCOLL, F. G. – 1986 – Groundwater and Wells. 2<sup>a</sup> ed. H. N. Smyth Comp. Inc. Minnesota.
- FEITOSA, FERNANDO A. C. e FILHO, JOÃO MANOEL – 1997 – Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. CPRM. Fortaleza.

- FOSTER, S. S. D. – 1987 – Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability Pollution Risk and Protection Strategy. Noordwijk – Holanda.
- FOSTER, S. S. D e HIRATA, R. C. A – 1993 – Determinação do Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas: Um Método Baseado em Dados Existentes. Instituto Geológico, P. il., tabs. 23 cm (Boletim, 10). São Paulo.
- MATHESS, G. – 1982 – The Properties of Groundwater. 1 ed.USA: Jonh Viley & Jones.
- MONTEIRO, ADSON B., COSTA, W. D., LIMA FILHO, M. e BARBOSA, DAYSE LUNA – 2002 – Hidrogeologia e Gestão do Aquífero Barreiras nos Bairros de Ibura e Jordão – Recife – Pernambuco. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS, Florianópolis.
- MONTEIRO, ADSON B, CABRAL, JAIME JOAQUIM S. P, BARBOSA, DAYSE LUNA e FREIRE, PAULA K. CORDEIRO – 2003 – Vulnerabilidade e Distribuição Espacial dos Nitratos no Aquífero Barreiras nos Bairros de Ibura e Jordão – Recife – Pernambuco. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, Curitiba-PR.
- SZICKZAY, M. – 1993 – Geoquímica das Águas. Boletim IG, n.5, São Paulo.