

DETERMINAÇÃO DOS SÓLIDOS E CÁTIOS TOTAIS DISSOLVIDOS A PARTIR DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM ÁGUA SUBTERRÂNEA

Eduardo Antonio Gurgel

Companhia de Engenharia Rural da Bahia — CERB

ABSTRACT.

This report is about the relationship between the electrical conductivity of groundwater, the total cations and dissolved solids. The research was carried out with samples from two kinds of hydrogeological features: Tucano Basin, of sedimentary origin and Bambui group, of calcareous rocks, both located in the state of Bahia. All analysis with an error bigger than 5% based on balance of cations and anions, were given up. After getting the analytical results was performing the regression analysis, involving the electrical conductivity and the total cations and dissolved solids.

INTRODUÇÃO

As relações entre a condutividade elétrica das águas superficiais e subterrâneas e a quantidade de sólidos e cátions totais dissolvidos, são estatisticamente muito boas. De forma bastante generalizada, admite-se que a condutividade elétrica em mmho multiplicada pelo fator 650 ± 100 representa os sólidos totais dissolvidos em mg/l. O fator 650, é aplicável somente para águas de baixa concentração salina e normalmente aumenta à medida que os sólidos solúveis totais excedem 2000 a 3000 mg/l. Com limitações semelhantes, a condutividade elétrica, em mmho/cm a 25°C, multiplicada por 12, é aproximadamente igual, ao total de cátions ou ânions em me/l.

Fatores de conversão com maior grau de confiabilidade, podem ser determinados pela análise de regressão, tomando-se um número razoável de amostras d'águas (1).

No caso das águas subterrâneas, a determinação de fatores mais representativos, é particularmente importante, devido a enorme diversidade de da composição química que apresentam, mesmo dentro de uma determinada bacia (3).

Este trabalho foi realizado, basicamente, com a finalidade de corrigir as falhas já assinaladas, com o uso de fatores de conversão bastante genéricos, que procuram relacionar o total de cátions e sólidos totais dissolvidos na água com a condutividade elétrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Partindo-se do pressuposto que o comportamento físico-químico da

gua, guarda uma certa relação com a formação hidrogeológica da qual é originária, foram escolhidas duas regiões distintas, para fins de estudo, ambas situadas no Estado da Bahia: A bacia de Tucano, de formação sedimentar, e a região de Irecê, pertencente ao grupo Bambuí, de natureza calcária.

As amostras de água da Bacia de Tucano, foram analisadas no laboratório do CEPED, e fazem parte de um estudo hidrogeológico realizado pela CERB e DNOCS, no Vale do Rio Itapicuru (2).

As análises de água do calcáreo, também foram feitas pelo CEPED, e teve como finalidade fornecer informações para a Carta de Recursos Hídricos do Estado da Bahia.

Só foram selecionadas as amostras que apresentaram um erro de análise, igual ou inferior a 5% tomando-se como base o balanço entre ânions e cátions expressos em me/l, conforme pode ser visto nos quadros 1 e 2.

Concluída a seleção das amostras, procurou-se estabelecer as equações de regressão linear entre a condutividade elétrica em mmho/cm e os cátions e sólidos solúveis totais, expressos em me/l e mg/l respectivamente.

Para a determinação das equações, foi utilizada uma calculadora Texas Instruments, modelo 58C, à qual foi adaptado um módulo programável (Real Estate/Investment), usando-se então o programa RE-10 (Curve Fits). As leituras da condutividade elétrica foram consideradas variáveis independentes, enquanto os totais de cátions solúveis, passaram a constituir as variáveis dependentes.

Além do método analítico, também foi utilizado o processo gráfico, que permite uma melhor visualização dos resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações de regressão linear, tanto para as amostras de água do arenito, quanto para as do calcáreo, acompanham as figuras 1, 2, 3 e 4.

Os coeficientes de determinação (R^2), foram muitos bons, o valor mais baixo foi $R^2 = 0,948$ que corresponde, à relação existente entre os sólidos totais dissolvidos e a condutividade da água, nas amostras de arenito. O valor mais alto $R^2 = 0,992$, relaciona os cátions totais e a condutividade elétrica, também de amostras provenientes do arenito. Pode-se concluir desses resultados, que mais de 90% das variações dos valores encontrados para os cátions e sólidos totais dissolvidos em função da condutividade elétrica, podem ser atribuídas as variações desta última leitura.

As equações apresentadas neste trabalho, são, portanto, de uso bastante simples e estatisticamente confiáveis. Recomenda-se, contudo, que sejam efetuados estudos semelhantes, abrangendo outras regiões do Estado da Bahia, para que se tenha maior representatividade no uso das equações de regressão, em casos semelhantes aos apresentados neste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - BUREAU OF RECLAMATION. Reclamation instructions; laboratory procedures - part 517. Denver, 1967. (Série, 510 Land Classification Techniques and Standards).
- 2 - CERB & DNOCS. Levantamento hidrogeológico básico da bacia do Tucano Vale do Itapicuru. Salvador, 1977. 59p. il.
- 3 - LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México, Limusa, 1977. 172p. il.

QUADRO - 1 ANÁLISE DE ÁGUA DO ARENITO

Nº de Amostra	Litologia	me/l.										mg/l S.T.D.	pH		
		Ca	Mg	Na	K	TOTAL	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃			TOTAL	mmho/cm C.E.
13	Arenito	1,55	1,55	0,76	0,26	2,62	-	1,38	0,29	0,73	0,01	2,41	0,274	200	7,8
14	Arenito	0,68	0,92	0,48	0,21	2,29	-	1,23	0,08	0,79	0,01	2,11	0,244	150	7,5
26	Arenito	4,25	7,08	8,78	0,82	20,93	-	4,26	0,09	15,66	0,02	20,03	1,790	1356	6,4
31	Arenito	0,72	0,33	0,54	0,20	1,79	-	0,67	0,02	1,13	0,01	1,83	0,223	161	7,3
32	Arenito	2,83	1,03	1,87	0,34	5,97	-	1,07	0,15	4,28	0,03	5,53	0,665	514	7,5
57	Arenito	0,49	1,06	0,60	0,28	2,43	-	0,79	0,03	1,58	0,01	2,41	0,276	174	7,4
58	Arenito	0,26	0,35	0,86	0,21	1,68	-	0,61	0,08	1,24	0,01	1,94	0,194	122	7,7
71	Arenito	0,69	1,78	1,37	0,34	4,18	-	1,33	0,29	2,25	0,01	3,98	0,451	276	7,4
72	Arenito	0,57	1,64	2,17	0,31	4,69	-	1,18	-	3,72	0,01	4,91	0,572	153	7,7
84	Arenito	0,55	1,00	0,68	0,04	2,27	-	0,89	0,03	1,46	0,01	2,39	0,286	198	6,9
85	Arenito	0,29	0,62	0,59	0,23	1,73	-	0,61	0,19	0,79	0,01	1,60	0,192	143	7,0
90	Arenito	0,14	0,28	0,76	0,22	1,40	-	0,20	0,10	1,18	0,02	1,50	0,182	159	6,9
95	Arenito	0,65	1,58	0,70	0,41	3,34	-	0,75	0,05	2,48	0,01	3,29	0,403	122	7,8
97	Arenito	0,64	2,19	2,85	0,50	6,18	-	0,59	0,05	5,35	0,01	6,00	0,724	522	7,6
98	Arenito	0,55	3,12	3,19	0,64	7,50	-	0,43	0,02	7,44	0,02	7,91	0,894	674	6,4
99	Arenito	0,27	0,98	0,58	0,24	2,08	-	0,43	0,13	1,46	0,01	2,03	0,255	252	6,7
107	Arenito	0,39	1,02	1,47	0,29	3,17	-	0,49	0,03	2,14	0,02	2,68	0,383	309	6,9
108	Arenito	0,37	0,63	1,57	0,49	3,06	-	0,77	0,03	2,31	0,03	3,14	0,394	278	6,7
114	Arenito	0,33	0,38	1,60	0,14	2,45	-	1,06	0,10	1,01	0,03	2,20	0,249	156	6,9
171	Arenito	4,95	15,67	20,30	0,34	41,22	-	3,74	5,21	31,55	0,12	40,62	4,250	3331	7,6
175	Arenito	0,10	0,58	1,81	0,28	2,77	-	0,11	0,16	2,42	0,01	2,70	0,340	340	6,0

Nº da Amostra	Litologia	me/l.										mg/l S.T.D.	pH		
		Ca	Mg	Na	K	TOTAL	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃			TOTAL	mmho/cm C.E.
181	Arenito	1,16	1,58	0,75	0,28	3,77	-	0,95	0,03	2,42	0,01	3,41	0,399	287	8,0
221	Arenito	8,90	10,17	6,70	0,29	26,06	-	1,90	0,18	21,41	0,08	23,57	2,610	2186	8,1
235	Arenito	0,29	0,53	2,80	0,32	3,94	-	0,64	0,09	2,96	0,02	3,71	0,468	245	6,5
236	Arenito	0,65	0,08	1,14	0,15	2,02	-	0,38	0,07	0,96	0,03	1,44	0,184	134	6,4
239	Arenito	0,12	0,13	1,00	0,09	1,34	-	0,30	0,03	0,96	0,02	1,31	0,165	118	6,4
240	Arenito	0,23	0,30	1,93	0,19	2,65	-	0,38	0,07	2,14	0,02	2,61	0,345	205	6,4
241	Arenito	1,09	0,33	1,94	0,19	3,55	-	1,05	0,03	2,14	0,02	3,24	0,400	245	7,7
263	Arenito	0,65	0,75	0,74	0,23	2,37	-	1,28	0,08	0,96	0,02	2,34	0,271	187	8,1
264	Arenito	4,55	3,50	6,22	2,28	16,55	-	4,44	0,40	10,37	0,11	15,32	1,800	1047	7,8
267	Arenito	2,20	7,12	9,00	1,05	19,37	-	1,13	0,42	18,08	0,04	19,67	2,160	1597	6,9
283	Arenito	0,10	0,58	2,04	0,26	2,98	-	0,28	0,23	2,54	0,04	3,09	0,381	278	6,8
297	Arenito	0,65	2,00	3,19	1,33	7,17	-	1,05	0,40	5,35	0,01	6,81	0,825	555	6,9
300	Arenito	0,82	0,53	1,24	0,22	2,81	-	1,28	0,13	1,13	0,01	2,72	0,312	176	7,4
301	Arenito	2,10	3,17	5,87	1,06	12,20	-	1,61	0,79	9,07	0,06	11,53	1,350	268	7,3

QUADRO - 2 ANÁLISE DE

ÁGUA

DO

DE

ANÁLISE

2

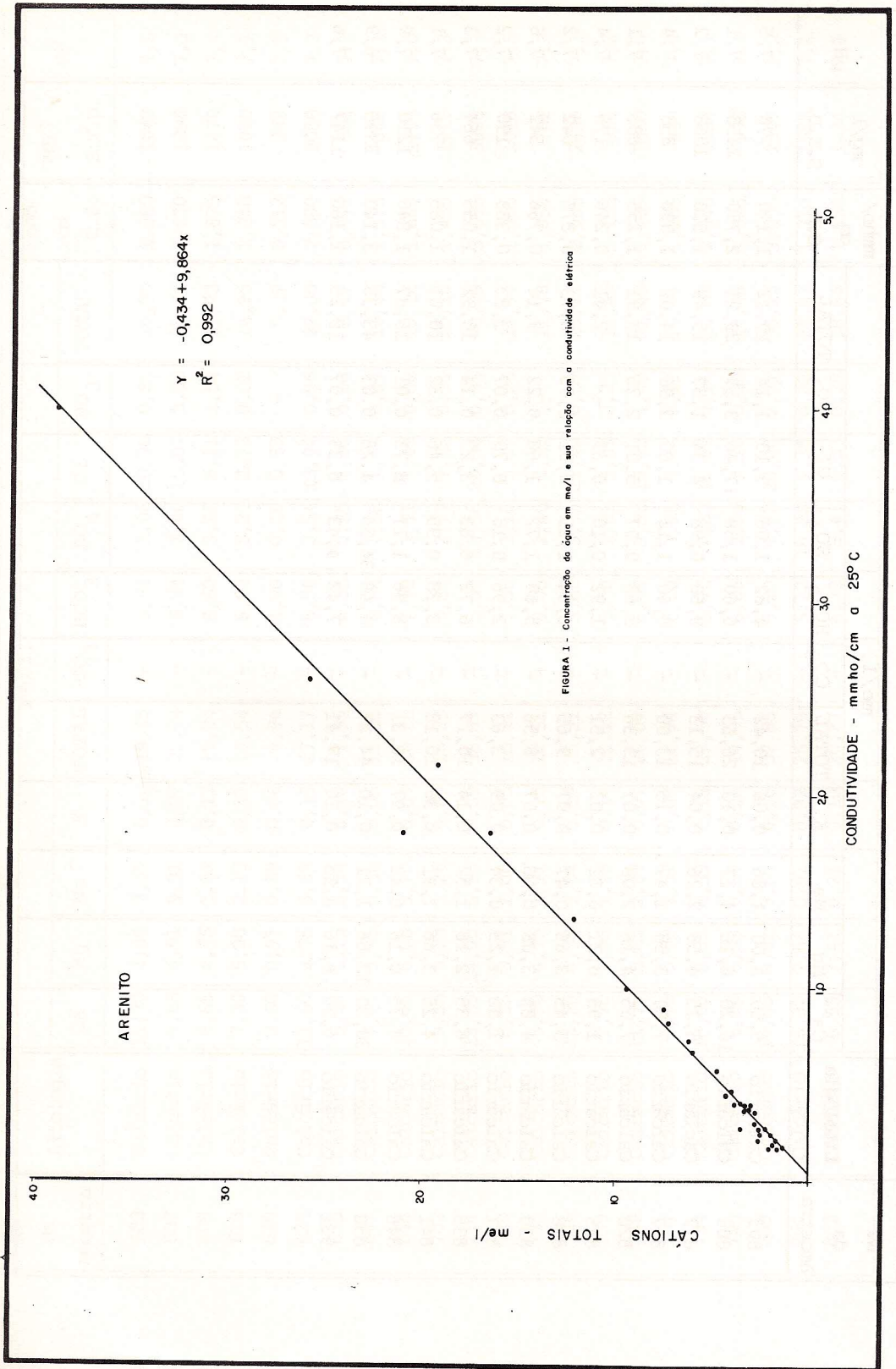
DO

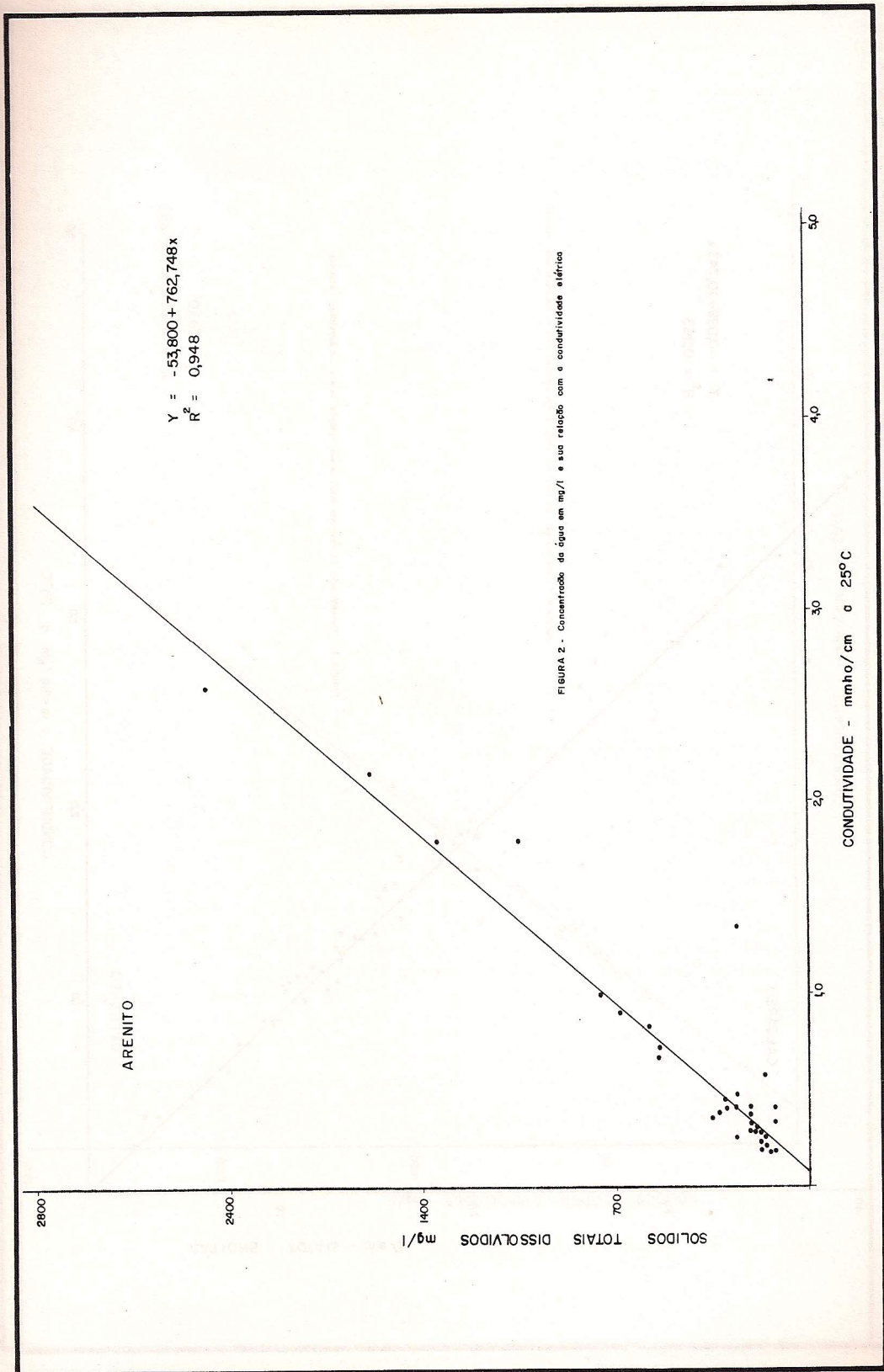
CALCÁRIO

Nº da Amostra	Litologia	me/l.										mg/l	pH		
		Ca	Mg	Na	K	TOTAL	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃			TOTAL	mmho/cm C.E.
008	Calcário	16,25	8,08	4,90	0,05	29,28	-	5,80	5,41	15,35	4,12	30,68	2,860	2066	7,3
013	Calcário	12,20	11,00	12,70	0,82	36,71	-	11,00	14,83	8,15	0,05	34,05	2,745	2206	7,2
014	Calcário	11,00	1,25	0,69	0,03	12,97	-	6,16	1,23	5,21	1,55	14,15	1,320	1140	7,2
018	Calcário	29,60	7,50	8,30	0,12	45,52	-	6,96	4,79	33,80	5,07	50,62	4,400	3536	6,6
057	Calcário	8,95	6,00	4,08	0,21	19,24	-	5,60	3,85	8,93	1,28	19,66	1,685	1118	7,7
067	Calcário	7,05	4,33	3,61	0,07	15,06	-	3,60	1,06	9,15	2,24	16,05	1,595	1004	7,4
079	Calcário	38,35	19,50	20,30	0,22	78,37	-	2,20	6,67	64,08	5,57	78,52	7,400	6468	7,3
080	Calcário	2,05	1,58	0,47	0,22	4,32	-	2,96	0,13	0,82	0,03	3,94	0,402	256	7,2
082	Calcário	17,45	3,92	5,87	0,06	27,30	-	2,25	2,33	19,58	4,93	29,09	2,930	2628	7,2
122	Calcário	6,95	12,08	6,21	0,22	25,46	-	3,26	5,60	16,06	1,21	26,13	2,560	2136	7,9
133	Calcário	9,90	3,25	1,52	0,10	14,77	-	3,22	1,19	9,63	1,35	15,39	1,570	1236	7,4
324	Calcário	6,80	3,25	1,43	0,10	11,58	-	7,96	1,81	2,36	-	12,13	1,850	794	7,2
350	Calcário	20,40	6,50	3,52	0,10	30,52	-	7,36	1,85	19,58	2,82	31,61	2,845	2946	6,7
374	Calcário	4,40	4,00	0,73	0,11	9,24	-	7,52	0,42	1,74	0,20	9,88	0,902	622	7,3
382	Calcário	9,45	4,75	2,30	0,16	16,66	-	4,07	2,06	8,36	1,71	16,20	1,750	1210	7,3
421	Calcário	21,40	11,33	9,17	0,09	41,99	-	6,56	11,39	19,85	3,48	41,28	3,446	3124	7,2
428	Calcário	7,65	2,58	0,69	0,14	11,06	-	9,08	1,06	1,10	0,03	11,27	0,994	716	7,6
429	Calcário	20,80	11,75	9,82	0,09	42,46	-	4,28	5,67	29,01	2,71	41,67	4,070	3274	7,5
453	Calcário	21,05	9,00	9,52	0,15	39,72	-	6,00	9,00	23,66	-	38,66	3,705	3304	7,1
464	Calcário	0,90	0,91	0,35	0,08	2,24	-	1,64	0,10	0,54	0,02	2,30	0,239	164	6,7
514	Calcário	6,95	3,41	1,39	0,03	11,78	-	7,52	0,69	1,89	2,17	12,27	1,180	830	7,0

Nº da Amostra	Litologia	me/l.										mg/l S.T.D.	pH		
		Ca	Mg	Na	K	TOTAL	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃			TOTAL	
603	Calcário	11,70	4,00	3,65	0,10	19,45	-	5,92	2,08	10,70	0,85	19,55	1,860	1640	7,5
607	Calcário	9,85	6,91	9,91	0,07	25,74	-	5,54	2,40	15,07	2,83	25,84	2,630	1898	7,3
609	Calcário	8,85	4,75	5,52	0,12	19,24	-	8,60	3,68	6,11	1,54	19,93	1,875	1470	7,4
613	Calcário	7,30	5,00	2,13	0,11	14,54	-	6,98	5,22	2,73	0,02	14,95	1,340	1020	7,7
620	Calcário	3,60	0,91	0,39	0,06	4,96	-	4,90	0,10	0,39	-	5,39	0,512	348	7,5
625	Calcário	11,60	9,75	5,69	0,13	27,17	-	8,56	3,54	13,94	0,96	27,00	2,590	2008	7,3
635	Calcário	5,80	1,75	0,34	0,10	7,99	-	6,58	0,25	1,30	0,04	8,17	0,772	554	7,2
647	Calcário	7,05	3,91	0,56	0,06	11,58	-	8,64	1,58	1,69	0,07	12,28	1,125	808	7,1
648	Calcário	10,45	6,00	3,74	0,09	20,28	-	7,92	3,71	7,49	0,02	19,14	1,640	1298	7,0
702	Calcário	9,55	5,33	1,26	0,09	16,23	-	3,84	2,77	7,83	0,71	15,15	1,435	1212	7,3
714	Calcário	18,35	14,00	6,95	0,09	39,39	-	5,52	13,58	20,84	0,35	40,29	3,655	3008	7,3
720	Calcário	8,25	3,91	1,00	0,05	13,21	-	7,50	2,10	3,13	0,26	12,99	1,355	1018	7,5
735	Calcário	5,70	4,75	1,91	0,15	12,51	-	6,00	2,46	3,32	-	11,78	1,050	782	7,3
736	Calcário	13,20	4,33	9,34	0,10	26,97	-	3,60	3,75	21,40	0,52	29,27	2,905	2430	7,3
739	Calcário	7,70	1,33	1,95	0,14	11,12	-	5,50	1,81	3,89	0,25	11,45	1,135	864	7,2
748	Calcário	11,75	5,83	2,39	0,07	20,04	-	6,08	3,58	10,42	1,40	21,48	1,935	1850	7,0
751	Calcário	5,75	5,58	1,52	0,09	12,94	-	6,20	3,95	3,44	0,12	13,71	1,265	930	7,9
754	Calcário	18,60	6,33	4,39	0,18	29,50	-	6,72	7,83	11,97	0,14	26,66	2,445	2104	7,1
756	Calcário	6,80	6,33	0,69	0,23	14,05	-	8,68	2,50	3,10	0,20	14,48	1,325	996	7,3
759	Calcário	19,05	9,91	3,82	0,10	32,88	-	6,20	4,72	20,00	2,21	33,13	3,255	2349	7,2
764	Calcário	16,30	7,66	0,91	0,92	25,79	-	5,12	18,38	1,35	0,02	24,87	1,710	1598	7,4
802	Calcário	6,55	7,41	6,21	0,10	20,27	-	6,72	5,41	6,33	0,20	18,66	1,850	1234	7,8

Nº da Amostra	Litologia	me/l.										mmho/cm C.E.	mg/l S.T.D.	pH	
		Ca	Mg	Na	K	TOTAL	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃				TOTAL
803	Calcário	5,50	3,00	1,86	0,06	10,42	-	4,82	1,06	3,10	1,14	10,12	1,110	778	7,5
808	Calcário	16,20	6,16	4,17	0,10	26,63	-	6,60	1,58	17,46	3,57	29,21	2,750	2458	7,1
812	Caciário	8,25	4,58	2,26	0,04	15,13	-	8,60	0,98	4,34	1,57	15,49	1,520	1068	7,2
817	Calcário	7,80	3,58	1,47	0,15	13,00	-	8,40	1,12	1,60	2,90	14,02	1,090	858	7,4
820	Calcário	7,05	4,16	2,08	0,07	13,36	-	5,68	0,97	5,01	2,25	13,91	1,255	888	7,1
825	Calcário	1,95	0,21	0,32	0,03	2,51	-	1,92	0,10	0,39	-	2,41	0,246	176	7,4
828	Calcário	5,45	3,66	0,47	0,07	9,65	-	6,64	1,25	0,81	0,03	8,73	0,876	642	7,2
830	Calcário	4,85	3,08	0,56	0,07	8,56	-	5,60	1,72	1,60	0,22	9,14	0,766	542	7,6
831	Calcário	1,95	1,25	0,34	0,09	3,63	-	2,96	0,10	0,70	0,07	3,83	0,388	190	7,2
835	Calcário	6,35	2,16	1,52	0,14	10,17	-	6,72	0,83	3,23	0,14	10,92	1,055	664	7,3
841	Calcário	4,25	3,66	1,91	0,36	10,18	-	3,28	0,95	5,46	0,32	10,01	1,085	736	7,1
846	Calcário	4,75	6,16	6,43	0,97	18,31	-	8,96	1,17	8,73	0,01	18,87	1,840	1210	7,9
850	Calcário	30,30	12,66	1,21	0,10	44,27	-	4,48	34,56	4,28	0,03	43,35	3,140	3396	6,9
931	Calcário	6,20	6,16	4,95	0,10	17,41	-	7,42	4,43	6,33	0,07	18,25	1,160	1147	7,6





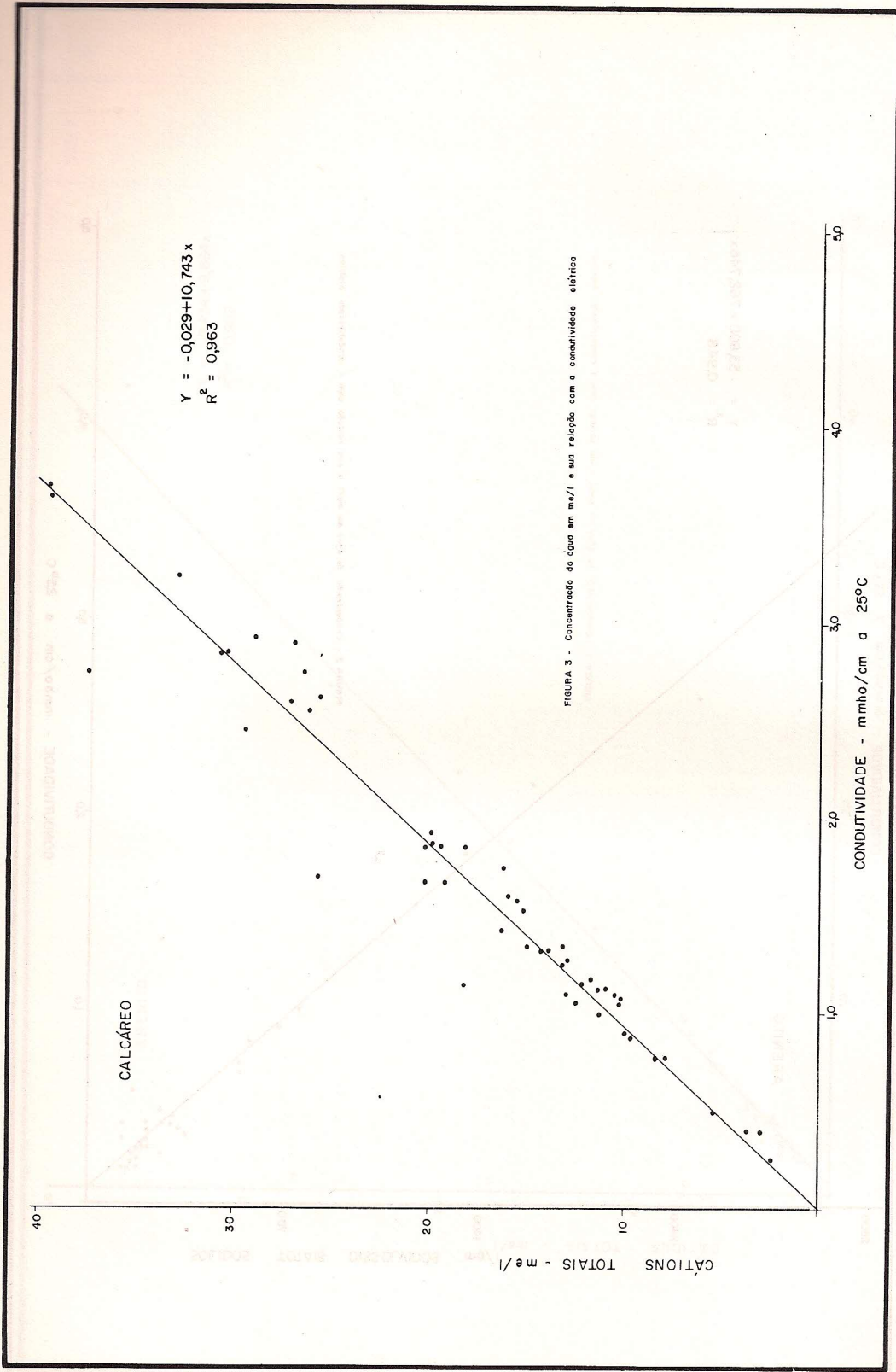


FIGURA 3 - Concentração da água em mg/l e sua relação com a condutividade elétrica

