Influência dos íons cloreto na qualidade das águas subterrâneas de Crateús-CE

Helena Gomes Loiola[1], Antonia Mayza de Morais França[1], Francisco das Chagas da Costa Lopes[2], Jonas Rodrigues Lima[3] e José Ossian Gadelha de Lima[4]

[1]Graduandas do Curso de Química da FAEC - UECE. Bolsistas de IC da UECE e FUNCAP. E-mail: helenaa.loiola@hotmail.com
[2]Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Química - UFPI. Bolsista do CNPq. E-mail: fclopescosta@bol.com.br
[3]Professor de Química da Rede Pública Estadual de Ensino em Crateús-CE. E-mail: jrlquimica@gmail.com
[4]Professor da FAEC/UECE, orientador do trabalho de pesquisa. E-mail: jose.lima@uece.br

Resumo: Um dos ânions inorgânicos que mais ocorrem nas águas naturais e, portanto, um dos grandes responsáveis pela sua qualidade é o íon cloreto (Cl^-). Em águas subterrâneas de regiões semiáridas como a do Nordeste brasileiro a concentração desse íon pode atingir valores muito altos, restringindo e/ou inviabilizando o seu uso doméstico. A população rural do município de Crateús, localizado na região semiárida cearense, além de enfrentar problemas relacionados com a escassez de água para abastecimento, também sofre com a má qualidade desse recurso quando está disponível. O objetivo deste estudo, realizado durante 12 (doze) meses, foi analisar a Condutividade Elétrica (CE) e o comportamento da concentração dos íons cloreto das águas de 10 (dez) poços localizados no município de Crateús/CE (02 na zona urbana e 08 na zona rural), avaliando a sua influência na qualidade dessas águas. Os valores da condutividade foram medidos no campo com auxílio de um condutivímetro e os teores de íons cloreto foram obtidos em laboratório, usando-se o método de Mohr. Os resultados mostraram que as águas dos poços P2, P3, P4 e P10 não apresentaram condições de uso doméstico e na agricultura seu uso deve ser restrito a determinadas condições. As águas dos poços P1, P5, P6, P7, P8 e P9, apresentaram teor de íons cloreto abaixo do máximo admitido, no entanto, seu uso deve ser acompanhado de cuidados adequados. As precipitações que ocorreram na região durante o período de realização das análises parecem ter influenciado fortemente o comportamento desse parâmetro hidroquímico.

Palavras–chave: águas subterrâneas, condutividade elétrica, íons cloreto, método de Mohr

1. INTRODUÇÃO

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas desenvolvidas ao longo de seu trajeto.

Um dos parâmetros hidroquímicos que espelham essa relação é a concentração de íons cloreto (Cl^-), o qual está presente em todas as águas, sendo muito solúvel e estável em solução. No entanto, esses íons também podem refletir problemas relacionados à poluição, por isso constituem um bom indicador de contaminação para fontes que, de maneira inadequada, recebem esgotos domésticos e para mananciais próximos a aterros sanitários e lixões.

Em geral, a água subterrânea de regiões áridas tem tendência à salinização, a qual, muitas vezes, está intimamente relacionada às altas concentrações de íons cloreto, que podem ser originadas da lixiviação dos solos e das atividades antrópicas poluentes. Esse fenômeno é comum, por exemplo, nas águas subterrâneas do Nordeste brasileiro.

A população do município de Crateús, principalmente a da zona rural, enfrenta problemas com relação à qualidade das águas subterrâneas que são utilizadas para abastecimento doméstico, pois não conta com um sistema de tratamento d'água adequado. Somente a população da sede do município faz uso de água bem tratada.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar, durante o período de 01 (um) ano, o comportamento da condutividade elétrica e a concentração dos íons cloreto das águas utilizadas pela população rural do município de Crateús e que tem origem a partir de poços artesanais.

ISBN 978-85-62830-10-5

O propósito dessa pesquisa foi contribuir para o conhecimento sobre os recursos hídricos utilizados por essa população, amenizando assim a carência de políticas públicas capazes de melhorar a sua qualidade de vida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Todas as formas de vida existentes na terra dependem da água. No entanto, a água doce disponível para consumo e para uso na maioria das atividades humanas constitui aproximadamente 2,5% de toda a água do planeta. Desta quantidade, cerca de 68,9 % estão localizados nas calotas polares e glaciares, 29,9 % são de água subterrânea, somente 0,3% são águas que ocorrem em rios e lagos e 0,9% em outros reservatórios. Metade da água subterrânea da Terra está a mais de um quilômetro de profundidade (LOPES, 2010).

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. A disponibilidade desses recursos hídricos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química (SANTOS, 2000).

A princípio, a água subterrânea tende a aumentar as concentrações de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos. No entanto, muitos outros fatores interferem, tais como: clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico etc., além da contaminação causada pelo homem (FEITOSA, 2000).

Essa estreita relação é muito marcante nas regiões onde predominam os aquíferos passíveis de contaminação pelas atividades humanas. Nos grandes centros urbanos existem problemas muito graves associados às descargas de poluentes. Efluentes líquidos industriais e domésticos, vazamentos de depósitos de combustíveis, chorumes provenientes de depósitos de lixo doméstico, descargas gasosas e de material particulado lançado na atmosfera pelas indústrias e veículos são os mais frequentes tipos de atividades que poluem os aquíferos urbanos (ATHAIDE JÚNIOR, 2009).

Nas áreas onde se desenvolve algum tipo de agricultura, a química da água pode estar fortemente influenciada pelos produtos químicos utilizados: inseticidas, herbicidas, adubos químicos, calcário, entre outros (BERNARDO, 2010).

Nas regiões áridas, o alto índice de evaporação e a baixa pluviometria favorecem a concentração dos sais, fazendo aumentar a salinidade nas águas dessas regiões. Em períodos de seca, como ocorrem na região semiárida do Nordeste brasileiro, muitos dos açudes de pequeno porte secam e as águas subterrâneas se tornam de grande importância, principalmente para a população rural (SRH, 2010).

Para resistir aos períodos de seca com a falta d'água, a população rural do município de Crateús, faz uso das águas obtidas nos chamados "cacimbões" (que secam quando a seca é prolongada), nos poços profundos e nas cisternas, os quais constituem as principais fontes de água para a sobrevivência da população (LOPES, 2010).

Um dos maiores problemas relacionados ao uso dessas águas é o alto índice de salinidade, que é provocada pelas altas concentrações de íons presentes. Dentre os maiores responsáveis pela salinidade de uma água está o íon cloreto (ZOBY, 2010), o qual está presente em todas as águas naturais, com valores de concentração situados entre 10 e 250 mg/L nas águas doces. Seus sais, em geral, são muito solúveis e muito estáveis em solução e, por isso, dificilmente precipitam. Não oxida e nem se reduz em águas naturais (LIMA, 2010).

Por serem muito solúveis, os cloretos aportam nas águas naturais de vários modos: por dissolução de sais de cloretos presentes na superfície do solo ou de formações mais profundas; por transporte e aspersão da água do mar sob a forma de gotas sobre aos terrenos; por invasão das águas dos oceanos e mares em rios que a eles afluem; por intrusão de água do mar em aquíferos subterrâneos como resultado do desequilíbrio da pressão hidrostática; e por descarga de águas residuais domésticas que contém em média, mais de 15 mg/L de cloretos que a água de abastecimento original continha (VENANCIO, 2011).

As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg/L. Já nas águas dos mares são abundantes com valores entre 18.000 e 21.000 mg/L, podendo chegar a 220.000 mg/L nas salmouras naturais (FERNANDES, 2005).

ISBN 978-85-62830-10-5

A portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o VMP (valor máximo permitido) como padrão de aceitação de consumo de uma água para os íons cloreto é 250mg/L (BRASIL, 2005).

Os cloretos não são prejudiciais para os seres humanos, mesmo em concentrações razoáveis. Porém, acima de 250 mg/L conferem um sabor salgado que é desagradável para muitos consumidores (MCNEELY, 1979).

Os padrões da água para uso na irrigação são mais simples, porque o número de parâmetros a serem considerados é menor. Existem alguns critérios para classificar a água para a agricultura, sendo atualmente mais aceita e utilizada a classificação do *United States Salinity Laboratory* (USSL). Uma dos parâmetros utilizados nessa classificação é a condutividade elétrica da água (HEM, 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a concentração de íons cloreto nas águas subterrâneas de Crateús-CE, foram coletadas mensalmente durante um período de 12 (doze) meses, 10 (dez) amostras de águas, sendo 02 (duas) de poços localizados na zona urbana do município e 06 (seis) de poços da zona rural. As coletas foram realizadas sempre entre os dias 16 e 22 de cada mês.

Para a determinação do teor de íons cloreto, análises químicas foram conduzidas em todas as amostras, sempre no dia seguinte ao da coleta. A literatura não registra cuidados especiais para a conservação da água amostrada. No entanto, Feitosa e seus colaboradores (2000) recomendam que as análises químicas sejam realizadas no máximo, em 14 dias após a coleta.

O método utilizado nesta pesquisa para a determinação da concentração de íons cloreto foi o método de Mohr por Argentimetria. Neste procedimento, sempre realizado em duplicata, o íon cloreto presente na alíquota é titulado com uma solução padronizada de nitrato de prata ($AgNO_3$) usando-se cromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador do ponto final da titulação. Os procedimentos analíticos seguiram rigorosamente ao descrito no *Standard Methods* (APHA, 1995).

A condutividade elétrica de cada amostra foi medida no momento da coleta com aparelho condutivímetro modelo BS510, marca BEL Engineering.

Os resultados das duas titulações para cada amostra foram inseridos numa planilha do programa Microsoft Excel, elaborada especialmente para o tratamento desses dados. O cálculo da concentração de íons cloreto é realizado automaticamente a partir da média dos dois valores, diminuindo a margem de erro acidental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às características dos poços analisados estão mostrados na Tabela 1. O período de desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa compreendeu de abril de 2011 a março de 2012.

Tabela 1 - Dados referentes aos 10 (dez) poços estudados.

Poço	Zona	Comunidade	Distrito	Tipo	Principal uso
P1	Rural	Sede do distrito	Assis	Artesanal	Doméstico
P2	Rural	Lagoa das Pedras	Lagoa das Pedras	Artesanal	Doméstico
P3	Rural	Cajás do Jorge	Assis	Artesanal	Doméstico
P4	Rural	Sede do distrito	Poti	Artesanal	Doméstico
P5	Urbana	Bairro São José	-	Artesanal	Doméstico
P6	Rural	Cabaças	Poti	Artesanal	Doméstico
P7	Rural	Sede do distrito	Ibiapaba	Artesanal	Doméstico
P8	Rural	Sede do distrito	Curral Velho	Artesanal	Doméstico
P9	Rural	Santa Clara	Assis	Artesanal	Doméstico
P10	Urbana	Bairro Planalto	-	Artesanal	Industrial

ISBN 978-85-62830-10-5

Observa-se na Tabela 1 que os dois poços da sede do município que foram pesquisados localizam-se no Bairro São José e no Bairro Planalto. Os poços da zona rural que foram analisados estão localizados nos seguintes distritos: Assis (03 poços artesanais, um localizado na sede do distrito, outro na comunidade de Santa Clara e o terceiro na comunidade de Cajás do Jorge); Lagoa das Pedras (01 poço artesanal da sede do distrito); Poti (02 poços artesanais, um localizado na sede do distrito e outro na comunidade de Cabaças); Ibiapaba (01 poço artesanal); e Curral Velho (01 poço artesanal).

Os valores medidos para a condutividade elétrica das amostras dos 10 (dez) poços, durante o ano de pesquisa, estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores da Condutividade Elétrica (CE), em µS/cm, das amostras dos 10 (dez) poços analisados pesquisados durante um ano.

Mês/Ano	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Abr/11	668,0	2610,0	3420,0	2710,0	860,0	247,0	450,0	1133,0	472,0	2960,0
Mai/11	560,0	2510,0	2340,0	2790,0	452,0	388,0	214,0	1108,0	695,0	2920,0
Jun/11	725,0	3520,0	2180,0	3300,0	808,0	483,0	733,0	1215,0	1098,0	3220,0
Jul/11	838,0	3370,0	1993,0	3400,0	972,0	548,0	560,0	1268,0	570,0	2840,0
Ago/11	905,0	3450,0	2000,0	3800,0	1168,0	647,0	713,0	1365,0	755,0	2930,0
Set/11	837,0	3430,0	2210,0	3900,0	1260,0	732,0	823,0	1477,0	825,0	3350,0
Out/11	835,0	3280,0	2420,0	3850,0	1272,0	795,0	903,0	1485,0	773,0	2710,0
Nov/11	817,0	2440,0	2230,0	3500,0	1188,0	848,0	907,0	1478,0	753,0	2615,0
Dez/11	875,0	2580,0	2090,0	3700,0	1223,0	920,0	998,0	1552,0	760,0	2520,0
Jan/12	597,0	2400,0	1772,0	3480,0	1162,0	915,0	988,0	1443,0	750,0	2300,0
Fev/12	708,0	2290,0	1735,0	2940,0	1108,0	915,0	1093,0	1383,0	538,0	2390,0
Mar/12	473,0	2280,0	1827,0	2780,0	1102,0	817,0	998,0	1355,0	440,0	2370,0

A Condutividade Elétrica medida nas amostras permitiu classificar as águas dos poços em três categorias (Figura 1). A primeira, com Condutividade Elétrica variando de 250 a 750 µS/cm (P1, P6 e P7), são classificadas como de salinidade média. A segunda, com Condutividade Elétrica entre 750 e 2.250 µS/cm (P5, P8 e P9), são classificadas como águas de salinidade alta. E na terceira, com Condutividade Elétrica entre 2.250 e 5.000 µS/cm, estão incluídas as águas dos poços P2, P3, P4 e P10, classificadas como de salinidade muito alta.

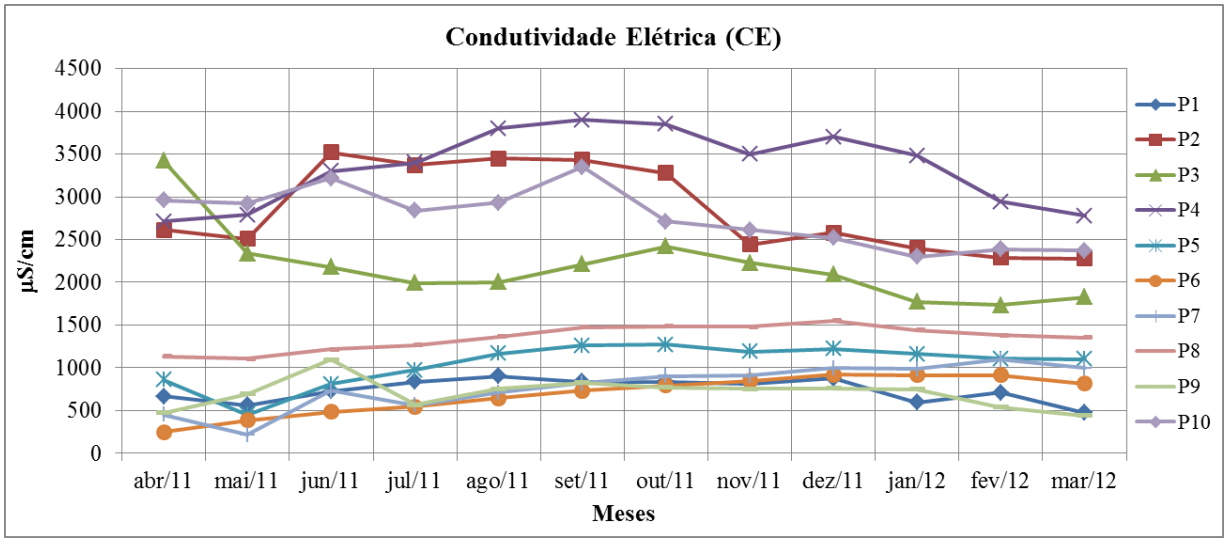

Figura 1 - Comportamento da Condutividade Elétrica nas amostras dos 10 (dez) poços analisados durante um ano de pesquisa.

ISBN 978-85-62830-10-5

Como a maioria das águas utilizadas mundialmente para a agricultura possui Condutividade Elétrica inferior a 2.000 μS/cm, devem ser tomados cuidados especiais no uso, para irrigação, das águas dos poços analisados neste trabalho, principalmente aquelas classificadas como de salinidade muito alta (FERNANDES, 2005).

Na Tabela 3 estão mostrados os valores obtidos para as concentrações de íons cloreto presentes nas amostras dos 10 (dez) poços. Algumas dessas águas analisadas apresentaram concentrações de íons cloreto que comprometem a sua qualidade. Esses valores estão acima de 250 mg/L, o estabelecido pela Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde para águas destinadas ao abastecimento público (BRASIL, 2005).

Tabela 3 - Concentração de íons cloreto (Cl^-), em mg/L, das amostras dos 10 (dez) poços analisados durante o ano da pesquisa.

Mês/Ano	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
abr/11	98,22	783,76	911,05	454,68	110,12	6,94	28,77	127,98	12,90	785,75
mai/11	60,52	755,49	537,72	448,43	48,61	12,90	14,88	120,04	15,87	805,59
jun/11	71,32	931,49	465,51	470,26	88,44	16,17	33,28	132,19	11,41	784,08
jul/11	99,85	907,71	356,14	524,94	119,82	23,77	60,86	153,11	16,17	741,29
ago/11	111,26	895,82	363,28	584,38	137,89	32,33	74,18	169,27	20,92	772,20
set/11	103,66	867,30	429,84	593,89	151,21	38,99	82,74	201,61	28,53	779,33
out/11	113,17	822,12	498,79	605,78	151,21	49,45	84,64	230,14	24,73	750,80
nov/11	131,92	821,65	538,97	609,64	155,47	55,59	82,92	253,47	24,50	748,54
dez/11	143,22	802,81	440,04	619,07	155,47	60,30	70,67	262,89	26,38	746,27
jan/12	82,92	760,40	381,14	609,64	160,18	62,19	64,07	256,29	29,21	774,54
fev/12	112,13	762,76	390,57	593,15	155,47	67,84	114,01	227,08	27,33	755,69
mar/12	53,44	745,77	412,37	570,79	155,59	61,00	141,40	225,57	25,06	759,96

Por outro lado, a maioria das amostras analisadas apresentaram valores para as concentrações desses íons bem abaixo desse limite.

Os resultados das análises de cloreto (Tabela 3 e Figura 2) permitiram identificar dois grupos (FEITOSA, 2000).

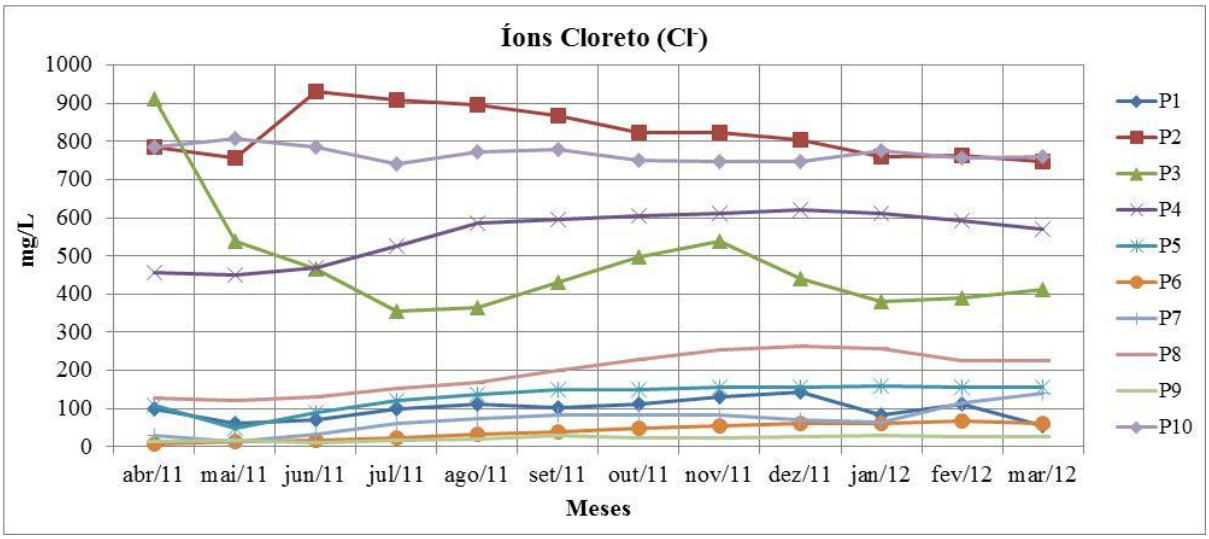

Figura 2 - Comportamento da concentração dos íons cloreto (Cl^-) nas amostras dos 10 (dez) poços analisados durante um ano de pesquisa.

O primeiro contém os poços P1, P5, P6, P7, P8 e P9, cujas concentrações não comprometem a sua qualidade, pois os valores estão abaixo de 250 mg/L, o máximo permitido pela legislação brasileira para águas destinadas ao abastecimento público (Figura 2).

ISBN 978-85-62830-10-5

No segundo grupo estão os poços P2, P3, P4 e P10 (Figura 2), com concentrações de cloreto muito acima de 250 mg/L, implicando em restrições severas quanto ao uso dessas águas.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos das análises físico-químicas (condutividade elétrica e concentração de íons cloreto), realizadas nas amostras de águas de 10 (dez) poços localizados no município de Crateús, foi possível compreender como variou a qualidade dessas águas no período de abril/2011 a março/2012.

Analisando-se o parâmetro hidroquímico relacionado somente à concentração dos íons cloreto, essas águas podem ser classificadas em dois grupos. O primeiro contém os poços P1, P5, P6, P7, P8 e P9, cujas águas não apresentam restrições quanto ao seu uso, pois os valores para as concentrações desse íon em suas amostras estão bem abaixo do máximo, 250 mg/L, admitido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde para uma água potável. No segundo grupo estão contidos os poços P2, P3, P4 e P10. As amostras desses poços apresentaram concentrações para os íons cloreto muito acima de 250 mg/L, implicando em restrições severas quanto ao uso dessas águas, principalmente para consumo humano. Isso se deve ao forte sabor salgado que devem apresentar.

Quanto à condutividade elétrica (CE) medida nas amostras, as águas dos poços analisados podem ser classificadas em três categorias: águas de salinidade média (as dos poços P1, P6 e P7), águas de salinidade alta (as dos poços P5, P8 e P9) e águas de salinidade muito alta (as dos poços P2, P3, P4 e P10).

Como a maioria das águas utilizadas mundialmente para a agricultura possui condutividade elétrica inferior a 2.000 μS/cm, devem ser tomados cuidados especiais no uso, para irrigação, das águas dos poços analisados neste trabalho, principalmente aquelas classificadas como de salinidade muito alta (as dos poços P2, P3, P4 e P10).

As oscilações nas concentrações dos íons cloreto dessas águas parecem ter uma relação bastante estreita com as chuvas que precipitaram de abril a junho na região.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Ceará (UECE) pela bolsa de Iniciação Científica e ao CVT (Centro Vocacional Tecnológico) de Crateús.

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 18 ed. AWWA - WPCP. 1995.

ATHAIDE JÚNIOR, G. B. Efeito do antigo lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade da água subterrânea do local. **Ambiente & Água**. V. 1. Nº 1, 2009.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura:** Série Irrigação e Drenagem, Viçosa, v. 1, n. 1. 1992. 7p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS n.º 518/2004/Ministério da Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 34 p.

FEITOSA, F. A. C. e FILHO, J. M. (Coord.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391 p.

FERNANDES, M. A. B. SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H. e LIMA, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. **Águas Subterrâneas**, v. 19, n. 1, p. 25-34, 2005.

ISBN 978-85-62830-10-5

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual Prático de Análises de Água.** 2. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006, 146 p.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. 3. ed. [S.I]: U.S., 1985.

LIMA, J. R. **Alguns indicadores da qualidade das águas subterrâneas do Município de Crateús**: informação e orientação. 2011. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado) – Curso de Química. Universidade Estadual do Ceará, Crateús, 2011.

LOPES, F. C. da C. **Conhecimento e Conscientização**: a qualidade das Águas Subterrâneas do Município de Crateús. 2010. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado) – Curso de Química. Universidade Estadual do Ceará, Crateús, 2010.

MCNEELY, R. N., NEIMANIS, V. P. e DWYER, L., **Water Quality Sourcebook**: a guide to water quality parameters. Ottawa: Environment Canada, 1979. 89 p.

SALES, M. I. e MARTINS, A. C. **Resgate Histórico:** de Piranha à Crateús. Fortaleza. 1995. 206p. CDD. 981.31.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Org). **Hidrogeologia**: Conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. Cap. 5, p. 81-108.

SRH (Secretaria de Recursos Hídricos). **Atlas Eletrônica dos Recursos Hídricos do Ceará**. Disponível em: <http://atlas.srh.ce.gov.br>. Acesso: 08 jan. 2010.

VENANCIO, S. **A água**: características químicas da água. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Agua06.html>. Acesso em: 29 jun. 20011.

ZOBY, J. L. G. e OLIVEIRA, F. R. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2005. 74 p. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 24 fev. 2010.

ISBN 978-85-62830-10-5