



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

ROGELMA MARIA DA SILVA FERREIRA

HIDROQUÍMICA E ÍNDICES DE SATURAÇÃO NA DETERMINAÇÃO
DA SALINIDADE DAS ÁGUAS DO AQUIFERO JANDAÍRA
NA CHAPADA DO APODI

ORIENTADORA: Dra. Carla Maria Salgado Vidal Silva

CO-ORIENTADORA: Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago

FORTALEZA – CE
Janeiro/2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Aos meus pais Paulo e Terezinha
por me acompanharem durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a Dr.^a Carla Maria Salgado Vidal Silva, pela confiança, pela valiosa transmissão de conhecimentos, pelas críticas e sugestões relevantes feitas durante a orientação e amizade.

À minha co-orientadora, prof^a Dr.^a Maria Marlúcia Freitas Santiago por todo seu empenho, entusiasmo, ensinamentos fundamentais à pesquisa e apoio incondicional.

Ao prof. Dr. Josué Mendes Filho, pela inestimável contribuição prestada para realização desta pesquisa.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Física do Departamento de Física da UFC, na pessoa do coordenador Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire.

Ao prof. Dr. Horst Frischkorn pela sua disponibilidade irrestrita sempre que solicitado.

Aos meus pais, Paulo e Terezinha por serem meu porto seguro, pela paciência com que sempre me ouviram e pela precisão com que sempre me ajudaram.

Aos meus irmãos, Paulo Rogers e Ronney, e à minha cunhada Luzia por serem meus maiores amigos. Aos meus sobrinhos Maria Eduarda e Luís Eduardo pelas alegrias concedidas a nossa família.

Aos professores do Departamento de Física Nilson, Raimundo, Paulo de Tarso, Murilo, Eloneid e Parente por toda consideração, auxílio e ensinamentos, e em especial ao ex-professor do Departamento de Física, Ossian, pelas palavras de incentivo e lições que levarei para toda vida.

À técnica Maria do Carmo Germano (Carminha), do Laboratório de Carbono-14 do Departamento de Física da UFC pela ajuda prestada e também pelas manifestações de companheirismo e encorajamento.

Aos amigos de Graduação e Pós Graduação Sara Rocha, Michel, Lucilene, Aparecida, Namor, Isaías, Nádia e Damasceno por sempre me apoiarem, e em especial, à grande amiga Euzenil, minha gratidão pelo seu exemplo de força e, por mesmo nos momentos mais difíceis, sempre me ajudar.

Às secretárias da Pós-Graduação Rejane Coelho e Ana Cleide pela presteza.

Ao pessoal da Secretaria do Departamento de Física da UFC: Creusa, Vera, D. Luíza e Michele, pela disponibilidade em ajudar e pelo carinho com que sempre me trataram.

Aos amigos Kergi, Fátima, Nerisnaldo e Neurisvaldo, pelo apoio e companhia de sempre, e a todos os outros que não citei aqui, agradeço pelas horas de lazer e incentivo constante.

Ao meu tio Ivonildo Dias pelo seu exemplo de amor e dedicação à leitura, e por me incentivar a seguir em frente nos meus estudos.

A COGERH pela parceria no desenvolvimento deste trabalho, na pessoa de Zulene Almada, agradeço pelas informações dadas e pela amizade.

A FCPC pela contribuição para a realização desta pesquisa.

Ao CNPq pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa.

RESUMO

A Chapada do Apodi, localizada na divisa dos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, é uma região propícia para agricultura irrigada de frutas tropicais devido à disponibilidade de terrenos constituídos por cambissolos, formados pela decomposição de calcários. A principal fonte de água para irrigação é subterrânea, proveniente dos Aquíferos Açu e Jandaíra, sendo este último o aquífero livre e o mais explorado. Neste trabalho, foi estudada a qualidade das águas subterrâneas na Chapada do Apodi, armazenadas no aquífero Jandaíra através medidas hidroquímicas e de Índices de Saturação de Calcita e de Dolomita. Foram coletadas 120 amostras, 60 no período seco e 60 no período chuvoso. Com a hidroquímica e os índices de saturação de calcita e de dolomita foi possível observar que, embora parte dos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte estejam geologicamente em áreas do Calcário Jandaíra, eles apresentam diferentes processos de salinização. Amostras do município de Alto Santo são as únicas que são sódicas e não mostram saturação de calcita e dolomita. A condutividade elétrica nos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte é mais alta no período chuvoso do que no período seco; nas amostras do município de Quixeré acontece o inverso. Este comportamento é decorrente do intenso processo de dissolução dos calcários, que deve conduzir, em algumas áreas, à precipitação de carbonato de cálcio.

ABSTRACT

The Apodi Plateau, located at the border of the states of Ceará and Rio Grande do Norte, is suitable for irrigated tropical fruit agriculture due to the presence of soils that originate from limestone decomposition. The principal source of irrigation water is groundwater from the aquifers Açu and Jandaira, the latter phreatic and being the most exploited one. In the present dissertation we studied Jandaira groundwater quality through hydrochemistry and the saturation indexes for calcite and dolomite. 120 samples, 60 during the dry season and 60 during the rainy season were collected. From hydrochemical analyses and the saturation indexes one observes various different processes of salination in parts of the townships Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte, even though all of them are located in Jandaira limestone area. Samples from Alto Santo are the only sodium-type ones and do not show calcite and dolomite saturation. Electric conductivity in the townships of Alto Santo, Limoeiro do Norte, and Tabuleiro do Norte is higher in the rainy season than in the dry one; samples from Quixeré show inverse behavior. These properties result from an intense dissolution of limestone, that, in some areas, surely leads to calciumcarbonate precipitation.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Trabalhos anteriores	03
1.2 Águas subterrâneas no Ceará	07
1.2.1. Áreas Sedimentares	07
1.2.2. Áreas de Cárstico	10
1.2.3. Áreas de Cristalino	11
2. ÁREA DE ESTUDO	14
2.1. Localização	14
2.2. Clima	14
2.3. Pluviosidade	14
2.4. Vegetação	15
2.5. Solos	16
2.6. Geologia	17
2.6.1. Calcário Jandaíra	18
2.7. Hidrogeologia	19
2.8. Aspectos econômicos	19
3. CARBONATOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	21
4. METODOLOGIA	24
4.1. Trabalho de Campo	24
4.2. Trabalho de Laboratório	27
4.3. Cálculo de Índice de Saturação	29
4.3.1. Índice de Saturação da Calcita	29
4.3.2. Índice de Saturação da Dolomita	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1. Hidroquímica	31

5.1.1. Concentração de cátions	31
5.1.1.1. Concentração dos cátions em amostras de água subterrânea de Alto Santo.....	31
5.1.1.2. Concentração dos cátions em amostras de água subterrânea de Limoeiro do Norte	45
5.1.1.3. Concentração dos cátions em amostras de água subterrânea de Quixeré.....	47
5.1.1.4. Concentração dos cátions em amostras de água subterrânea de Tabuleiro do Norte	50
5.1.1.5. Concentração dos cátions em amostras de água subterrânea de Aracati	52
5.1.2. Dureza	54
5.1.3. Ferro	57
5.1.4. Concentração de ânions.....	60
5.1.4.1. Concentração dos ânions em amostras de água subterrânea de Alto Santo	60
5.1.4.2. Concentração dos ânions em amostras de água subterrânea de Limoeiro do Norte	62
5.1.4.3. Concentração dos ânions em amostras de água subterrânea de Quixeré	64
5.1.4.4. Concentração dos ânions em amostras de água subterrânea de Tabuleiro do Norte	66
5.1.4.5. Concentração dos ânions em amostras de água subterrânea de Aracati	68
5.1.5. Condutividade elétrica	70
5.1.5.1. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Alto Santo	70
5.1.5.2. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	70
5.1.5.3. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Quixeré	71
5.1.5.4. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	72

5.1.5.5. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Aracati	72
5.1.6. Diagramas de Piper	73
5.1.7. Índices de saturação de calcita e dolomita	76
6. CONCLUSÕES	84
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Localização de poços amostrados no município de Alto Santo.....	24
Tabela 4.2	Localização de poços amostrados no município de Limoeiro do Norte.....	25
Tabela 4.3	Localização de poços amostrados no município de Quixeré.....	25
Tabela 4.4	Localização de poços amostrados no município de Tabuleiro do Norte.....	26
Tabela 4.5	Localização de poços amostrados no município de Aracati.....	26
Tabela 5.1a	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Alto Santo no período chuvoso.....	32
Tabela 5.1b	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Alto Santo a no período seco.....	32
Tabela 5.2a	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Limoeiro do Norte no período chuvoso.....	33
Tabela 5.2b	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Limoeiro do Norte no período seco.....	33
Tabela 5.3a	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Quixeré no período chuvoso.....	34
Tabela 5.3b	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Quixeré no período seco	35
Tabela 5.4a	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Tabuleiro do Norte no período chuvoso	37
Tabela 5.4b	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Tabuleiro do Norte no período seco	37
Tabela 5.5a	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Aracati no período chuvoso	38

Tabela 5.5b	Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Aracati no período seco	38
Tabela 5.6	Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Alto Santo, no período chuvoso e no período seco.....	39
Tabela 5.7	Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Limoeiro do Norte, no período chuvoso e no período seco.....	39
Tabela 5.8	Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Quixeré, no período chuvoso e no período seco.....	40
Tabela 5.9	Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Tabuleiro do Norte, no período chuvoso e no período seco.....	42
Tabela 5.10	Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Aracati, no período chuvoso e no período seco.....	42
Tabela 5.11	Índices de Saturação de Calcita e Dolomita de amostras do município de Quixeré	77
Tabela 5.12	Índices de Saturação de Calcita e Dolomita de amostras dos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Aracati, no período chuvoso e no período seco.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Localização da área de trabalho.....	15
Figura 2.2	Histograma com valores médios mensais de precipitação	16
Figura 4.1	Mapa de localização.....	28
Figura 5.1a	Concentrações de <i>cálcio</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	43
Figura 5.1b	Concentrações de <i>magnésio</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	43
Figura 5.1c	Concentrações de <i>sódio</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	44
Figura 5.1d	Concentrações de <i>potássio</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	44
Figura 5.2a	Concentrações de <i>cálcio</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	45
Figura 5.2b	Concentrações de <i>magnésio</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	46
Figura 5.2c	Concentrações de <i>sódio</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	46
Figura 5.2d	Concentrações de <i>potássio</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	47
Figura 5.3a	Concentrações de <i>cálcio</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	48
Figura 5.3b	Concentrações de <i>magnésio</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	48
Figura 5.3c	Concentrações de <i>sódio</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	49
Figura 5.3d	Concentrações de <i>potássio</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	49
Figura 5.4a	Concentrações de <i>cálcio</i> em amostras de água subterrânea em	

	Tabuleiro do Norte	50
Figura 5.4b	Concentrações de <i>magnésio</i> em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	50
Figura 5.4c	Concentrações de <i>sódio</i> em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	51
Figura 5.4d	Concentrações de <i>potássio</i> em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	51
Figura 5.5a	Concentrações de <i>cálcio</i> em amostras de água subterrânea em Aracati	52
Figura 5.5b	Concentrações de <i>magnésio</i> em amostras de água subterrânea em Aracati	53
Figura 5.5c	Concentrações de <i>sódio</i> em amostras de água subterrânea em Aracati	53
Figura 5.5d	Concentrações de <i>potássio</i> em amostras de água subterrânea em Aracati.....	54
Figura 5.6	Dureza das amostras do município de Alto Santo nas duas coletas.....	55
Figura 5.7	Dureza das amostras do município de Limoeiro do Norte nas duas coletas.....	55
Figura 5.8	Dureza das amostras do município de Quixeré nas duas coletas.....	56
Figura 5.9	Dureza das amostras do município de Tabuleiro do Norte nas duas coletas.....	56
Figura 5.10	Dureza das amostras do município de Aracati nas duas coletas	57
Figura 5.11	Concentração de <i>ferro</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	58
Figura 5.12	Concentração de <i>ferro</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	58
Figura 5.13	Concentração de <i>ferro</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	59
Figura 5.14	Concentração de <i>ferro</i> em amostras de água subterrânea em	

	Tabuleiro do Norte	59
Figura 5.15	Concentrações de <i>cloretos</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	60
Figura 5.15b	Concentrações de <i>sulfatos</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	61
Figura 5.15c	Concentrações de <i>bicarbonatos</i> em amostras de água subterrânea em Alto Santo	62
Figura 5.16a	Concentrações de <i>cloretos</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	62
Figura 5.16b	Concentrações de <i>sulfatos</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	63
Figura 5.16c	Concentrações de <i>bicarbonatos</i> em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	63
Figura 5.17a	Concentrações de <i>cloretos</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	64
Figura 5.17b	Concentrações de <i>sulfatos</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	65
Figura 5.17c	Concentrações de <i>bicarbonatos</i> em amostras de água subterrânea em Quixeré	65
Figura 5.18a	Concentrações de <i>cloretos</i> em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte.....	66
Figura 5.18b	Concentrações de <i>sulfatos</i> em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	67
Figura 5.18c	Concentrações de <i>bicarbonatos</i> em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	67
Figura 5.19a	Concentrações de <i>cloretos</i> em amostras de água subterrânea em Aracati	68
Figura 5.19b	Concentrações de <i>sulfatos</i> em amostras de água subterrânea em Aracati	69
Figura 5.19c	Concentrações de <i>bicarbonatos</i> em amostras de água subterrânea em	

	Aracati	69
Figura 5.16	Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Alto Santo	70
Figura 5.17	Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte	71
Figura 5.18	Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Quixeré	71
Figura 5.19	Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte	72
Figura 5.20	Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Aracati	73
Figura 5.21	Diagrama de Piper para amostras no município de Alto Santo	73
Figura 5.22	Diagrama de Piper para amostras no município de Limoeiro do Norte	74
Figura 5.23	Diagrama de Piper para amostras no município de Quixeré	74
Figura 5.24	Diagrama de Piper para amostras no município de Tabuleiro do Norte	75
Figura 5.25	Diagrama de Piper para amostras no município de Aracati	75
Figura 5.26	Índice de Saturação da Calcita versus dureza no município de Quixeré	79
Figura 5.27	Índice de Saturação da Calcita versus dureza no município de Quixeré	79
Figura 5.28	Índice de Saturação da Calcita versus Condutividade elétrica no município de Quixeré	80
Figura 5.29	Índice de Saturação da Dolomita versus dureza em Quixeré	80
Figura 5.30	Índice de Saturação de Calcita para cada poço em Quixeré	81
Figura 5.31	Índice de Saturação de Dolomita para cada poço em Quixeré	81
Figura 5.32	Índice de Saturação da Calcita versus condutividade elétrica	82
Figura 5.33	Índice de Saturação da Dolomita versus condutividade elétrica	82

1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea encontra-se nos poros ou nas fraturas das rochas formando grandes reservatórios denominados aquíferos por apresentarem capacidade de armazenar e transmitir água. O rápido crescimento demográfico está afetando a qualidade das águas subterrâneas e influenciando diretamente na quantidade necessária para o abastecimento humano. Entre as principais causas da diminuição da água potável estão o crescente aumento do consumo, o desperdício e a poluição das águas superficiais e subterrâneas.

A Chapada do Apodi é uma formação montanhosa com altitude máxima de 400 m localizada na divisa entre os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte. É uma região propícia para agricultura irrigada de frutas tropicais devido à disponibilidade de terrenos constituídos por cambissolos, formados pela decomposição dos calcários e latossolos resultantes do intemperismo dos arenitos, insolação e temperatura. A principal fonte de água para irrigação é subterrânea, proveniente dos Aquíferos Açu e Jandaíra, sendo este último o mais explorado. De acordo com Silva et al. (2007), os recursos hídricos superficiais são a principal fonte de suprimento de água no Estado do Ceará, entretanto, a exploração de águas subterrâneas vem crescendo significativamente.

A atividade de agricultura irrigada na parte cearense da Chapada do Apodi começou no final da década de 80 por meio de um projeto do governo federal, denominado Projeto Jaguaribe – Apodi da FAPIJA (Federação das Associações do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi) Secretaria do Desenvolvimento Local e Industrial (SDLI, 2008) do Estado do Ceará. A FAPIJA é responsável pela administração, organização, operação e manutenção da infra-estrutura de irrigação do perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, que se localiza na parte cearense da Chapada do Apodi, mais precisamente no município de Limoeiro do Norte. A implementação do perímetro irrigado iniciou-se em 1987, e os serviços de administração, manutenção da infra-estrutura de uso comum tiveram seu início no ano de 1989. A partir de 1996, iniciou-se, também, a atividade de fruticultura irrigada na região.

O suprimento hídrico é assegurado pelo Rio Jaguaribe, perenizado pelo açude Orós, com derivação através da barragem de Pedrinhas que está localizada no braço do Jaguaribe, denominado Rio Quixeré onde há uma estação elevatória que recalca as vazões requeridas através da adutora para um reservatório situado nas bordas da Chapada do Apodi (PINHEIRO et al. 2001).

O Estado do Ceará possui um programa específico para o desenvolvimento da agricultura irrigada, no qual se insere a fruticultura. O Programa Cearense da Agricultura Irrigada (PROCEAGRI) visa o aproveitamento das vantagens naturais do Estado, com a inserção competitiva dos agronegócios cearenses da agricultura irrigada nos mercados regional, nacional e internacional. Este programa tem por base dois projetos estratégicos: Agropolos e Caminhos de Israel (MATIAS et al. 2004).

Objetivo Geral:

Este trabalho tem por objetivo estudar a qualidade das águas subterrâneas na Chapada do Apodi, armazenadas no aquífero Calcário Jandaíra, no Estado do Ceará, através de medidas hidroquímicas e dos Cálculos do Índice de Saturação de Calcita e do Índice de Saturação de Dolomita.

Objetivos Específicos:

- Utilizar medidas hidroquímicas para identificar a qualidade das águas armazenadas no Calcário Jandaíra durante os períodos chuvoso e seco, quanto à concentração de cátions e ânions em relação às águas potáveis.
- Comparar as medidas destes parâmetros hidroquímicos durante os períodos estudados.
- Utilizar os índices de saturação de calcita e índice de saturação de dolomita para verificar o grau de mineralização dessas águas.

Esta dissertação é constituída de sete capítulos. No capítulo 1, além da introdução e objetivos, foi feita uma revisão bibliográfica com alguns trabalhos desenvolvidos em áreas cársticas, sedimentares e cristalinas no Ceará. No capítulo 2 foi feita uma descrição das características geológicas e dos aspectos econômicos da área de estudo. O capítulo 3 trata dos carbonatos nas águas subterrâneas. No capítulo 4 está a metodologia adotada. No capítulo 5 estão os resultados obtidos de medidas hidroquímicas e do cálculo do índice de saturação de calcita e do índice de saturação de dolomita e as discussões. No capítulo 6 estão as conclusões obtidas e no capítulo 7 estão as referências bibliográficas.

1.1. Trabalhos anteriores

A ocupação urbana de áreas cársticas ocorre pelas suas características topográficas de terrenos planos a suavemente ondulados, que encobrem a complexidade da dinâmica do ¹carste. No entanto, suas estruturas subterrâneas e zonas de extrema sensibilidade indicam que estas áreas não devem ser ocupadas pelos riscos de afundamento dos terrenos.

Araújo (2006) constatou a influências de diferentes tipos de ocupação sobre o aquífero cárstico no município de Almirante Tamandaré, região metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná. Verificou que a ocupação urbana desordenada, a exploração sem critério dos recursos naturais do carste, a mineração do calcário e a extração de águas

¹ A palavra carste vem do termo alemão karst, nome de uma região que fica entre o norte da Itália, que possui características geomorfológicas e hidrogeológicas especiais, tais como cavernas, dolinas, vales secos, vales cegos, cones cársticos, rios subterrâneos, paredões rochosos expostos e lapiás (ARAÚJO, 2006).

subterrâneas constitui um conjunto de fatores que causam os acidentes geológicos em terrenos cársticos. Por isso, nestas áreas, estas atividades devem ser planejadas e controladas, uma vez que possuem excelente estrutura armazenadora de água, porém extrema vulnerabilidade à ocupação urbana, que pode ser facilmente contaminada por ação de despejo de efluentes domésticos e industriais.

A qualidade das águas armazenadas nas rochas carbonáticas da Formação Lagoa do Jacaré, pertencente ao grupo Bambuí foi estudada por Cruz & Pereira Filho (2003a). Os resultados de análises de águas coletadas no verão e no inverno mostram que em ambas as estações as águas são bicarbonatadas cálcicas.

Souza & Lastoria (2003) fizeram uma caracterização da situação atual da exploração de águas subterrâneas, município de Bonito, Estado do Mato Grosso do Sul, onde ocorrem formações cársticas na estrutura geológica. Nesta região, as águas subterrâneas estão sendo extraídas acima da capacidade de produção dos aquíferos. A forma de perfuração dos poços profundos em Bonito pode contribuir para a poluição de mananciais subterrâneos em alguns pontos da cidade.

A disposição de resíduos sólidos no entorno da Lagoa do Sumidouro, APA (Área de Preservação Ambiental) Carste de Lagoa Santa, localizada no entorno da região metropolitana de Belo Horizonte, centro-sul do estado de Minas Gerais foi estudada por Travassos et al. (2006). Foi identificada a utilização de fossas mal planejadas em algumas casas do entorno, geralmente fossas sépticas, que podem contribuir para a poluição do solo e da água, por meio da percolação da parte líquida de dejetos pelo solo ocasionando infiltração através das fissuras e poros do aquífero cárstico.

A predominância de calcários calcíticos sobre os dolomíticos foi identificada por Nunes et al. (2005) na região de Janaúba, Estado de Minas Gerais em águas coletadas no período de estiagem.

Ducci et al. (2007) estudaram o risco de contaminação do sistema cárstico Alburni localizado no sul da Itália. Neste estudo, foi feita uma avaliação do risco através da combinação do potencial de perigo de poluição com a vulnerabilidade de contaminação e

com os valores sócio-econômicos do aquífero. Para avaliar o risco de contaminação de água subterrânea foram utilizados: o mapa de vulnerabilidade, o mapa de perigo, e o mapa de valores. O mapa de vulnerabilidade de contaminação do aquífero elaborado em estudos anteriores mostra que o grau de vulnerabilidade predominante do sistema cárstico Alburni varia de alto a muito alto. O mapa de perigo mostrou que o perigo de contaminação agrícola é muito baixo na área estudada devido à escassez de áreas agrícolas. Altas precipitações e baixas temperaturas favorecem o perigo de contaminação do aquífero pela agricultura.

Jong et al. (2008) fizeram uma análise dos problemas de água em áreas cársticas montanhosas situadas no sul do Marrocos. Deste estudo concluíram que a hidrologia e hidrogeologia de sistemas cársticos, têm forte influência sobre o balanço de água o qual é desconhecido devido a problemas de medidas técnicas e logísticas. Este estudo mostrou que a interdisciplinaridade é necessária para o entendimento, modelagem e prognóstico dos problemas de água relatados em áreas cársticas montanhosas do Marrocos.

Guo et al. (2007) analisaram as concentrações dos íons maiores em águas subterrâneas do sudoeste da China. Ca^{2+} , HCO_3^- e Mg^{2+} apresentaram as maiores concentrações; outros componentes presentes tinham concentrações mais baixas. Foi identificada a origem destes íons como oriundos do desgaste de rochas; assim, todos os fatores que favorecem a erosão cárstica podem ter um impacto sobre a concentração desses íons.

Obeidat et al. (2008) fizeram uma avaliação da contaminação por nitrato de fontes cársticas, em Bani Kanana, nordeste da Jordânia. A área de estudo faz parte da Bacia Yarmouk. Na área de estudo, a contaminação por nitrato é considerada um dos maiores problemas. Deste estudo foi confirmada a contaminação por nitrato, de fontes emergentes do aquífero Umm Rijam; 80% das fontes amostradas possuem concentração de nitrato excedendo 20 mg/L. Variações temporais nas concentrações de nitrato ocorreram, com valores mais baixos, na estação úmida. Além disso, ocorreram grandes variações espaciais atribuídas à hidrogeologia, grau de carstificação e uso da terra. Esgotos domésticos são as maiores fontes de poluição de água subterrânea na área estudada. Outra fonte em potencial inclui atividade agrícola.

Teixeira & Dias (2003) realizaram um levantamento espeleológico da região cárstica de Arcos, Pains, Doresópolis, Córrego Fundo e Iguatama, frente às atividades degradadoras. A área de estudo localiza-se na região centro-oeste de Minas Gerais, na porção mais ao sul da Província Cárstica do Bambuí. As principais atividades econômicas dos municípios de Pains, Arcos, Doresópolis, Córrego Fundo e Iguatama, são a mineração e o beneficiamento do calcário. Deste levantamento concluíram que a região possui uma diversidade de recursos naturais, sendo estes os afloramentos de rochas carbonatadas com características adequadas à produção de cimento, indústria siderúrgica, construção civil, solos variados favoráveis a uma diversificação da produção agropecuária, águas superficiais e subterrâneas em quantidade e com elevado potencial de renovação e reposição através dos sistemas cársticos e suas conexões com a rede superficial

Os fatores relacionados à salinidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre, região semi-árida do Estado do Ceará, foram estudados por Brito et al. (2003). Deste trabalho detectou-se que as características geológicas da bacia hidrográfica do Salitre têm forte influência na qualidade das águas, apresentando níveis elevados de salinidade com 80% das fontes superficiais e 63% das fontes subterrâneas classificadas como sendo bicarbonatadas. Foi observada também a influência da agricultura irrigada na qualidade das águas, nas fontes hídricas, próximas às áreas irrigadas e verificou-se um aumento significativo nos parâmetros analisados. Mais de 80% das fontes subterrâneas foram classificadas como águas salobras.

Ramos et al. (2007) fizeram uma contribuição para uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido, através do estudo da variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê, região central do Estado da Bahia. Constatou-se que há variabilidade espacial e temporal da incidência de chuvas na região e que o manejo inadequado das práticas de irrigação associado ao uso das águas para abastecimento humano e animal, tem provocado o contínuo rebaixamento do nível hidrostático do aquífero durante os últimos 20 anos e indica que o mesmo está sendo explorado de forma não sustentável.

1.2. Águas Subterrâneas no Ceará

Águas subterrâneas no Estado do Ceará estão armazenadas predominantemente em área de cristalino (75%), em áreas sedimentares como a Bacia sedimentar do Cariri, a maior delas, e em áreas de calcário.

1.2.1. Áreas sedimentares

A Bacia Sedimentar do Araripe é constituída por três sistemas aquíferos: Sistema Aquífero Superior (Formação Exu e Formação Arajara), Sistema Aquífero Médio (Aquicluda Santana) e Sistema Aquífero Inferior (Formação Mauriti e parte basal Brejo Santo) que aflora nas bordas da bacia sedimentar apresentando-se, nesses casos, como aquífero livre.

A evolução da salinidade das águas subterrâneas no aquífero Mauriti na Bacia Sedimentar do Araripe, situado no sul do Estado do Ceará, foi estudada por Machado et al. (2002). Foram realizadas medidas das concentrações dos íons maiores de amostras de poços profundos na Formação Mauriti e o programa Netpath para o estudo do balanço de massa entre uma água inicial e os minerais ao longo do fluxo. O índice de saturação da calcita na água final está próximo ao equilíbrio indicando um possível processo de deposição de calcita no aquífero Mauriti.

A Bacia Sedimentar do Cariri foi estudada por Silva (1996) através de isótopos, hidroquímica e análise fatorial, com esse estudo elaborou-se um modelo fenomenológico da circulação da água na Bacia Sedimentar do Cariri. Água subterrânea em região sedimentar também foi estudada por Mendonça et al. (2000) com um trabalho na Chapada do Araripe, parte da bacia sedimentar do Cariri. A área foi classificada como tendo parcialmente, alta e moderada vulnerabilidade à contaminação, moderada vulnerabilidade.

Mendonça et al. (1999) estudaram a hidroquímica das águas da Chapada do Araripe. O poço pioneiro 4-BO-01-PE, localizado no Estado de Pernambuco, com 916 m de profundidade, foi observado durante uma série de três testes de bombeamento, utilizando

vazões de 60, 90 e 100 m³/h. Os resultados mostraram que durante o bombeamento ocorrem mudanças nas concentrações do sulfato e do cálcio. A água do aquífero Rio da Batateira captada pelo poço 4-BO-01-PE possui elevadas concentrações de sulfato e cálcio provenientes da dissolução da gipsita e dos calcários presentes exclusivamente na Formação Santana. A hidroquímica e suas mudanças observadas durante o bombeamento indicam a existência de uma conexão hidráulica entre o Sistema Aquífero Superior (Formação Exu-Arajara) e o sistema aquífero médio (Formação Rio da Batateira), através do aquíclode Santana.

A qualidade das águas subterrâneas usadas no abastecimento do município de Juazeiro do Norte, na região do Cariri, sul do Estado do Ceará, foi estudada por Silva et al. (2008). Os resultados apontaram que sob o aspecto de salinidade, num conjunto de 30 poços as águas são potáveis, com exceção de uma amostra de um dos poços da prefeitura. A concentração de cloretos e a condutividade elétrica estão bem correlacionadas devido ao caráter conservativo do íon cloreto.

A qualidade das águas superficiais e subterrâneas da Bacia da Gameleira no município de Aiuaba no sudoeste do Estado do Ceará, região semi-árida dos Inhamuns, foi estudada por Mendonça et al. (2003). Esta Bacia encontra-se na transição hidrogeológica de rochas cristalinas e depósitos aluvionares. Foram estudadas as águas de três açudes e três cacimbas. No período chuvoso, as águas de todos os açudes apresentaram baixo risco de salinização, e no período seco, as águas de um açude e de todas as cacimbas apresentaram médio risco de salinização. Este açude mostrou reações de troca entre a água e as argilas em suspensão acarretadas pelo escoamento superficial.

Granjeiro et al. (2008) estudaram a influência do ambiente sedimentar na qualidade das águas subterrâneas da bacia sedimentar no município de Lavras da Mangabeira localizada no sul do Estado do Ceará. Os resultados mostraram uma variação temporal e espacial da qualidade das águas amostradas na sub-bacia Riacho do Rosário e na sub-bacia Riacho do Meio. Nas águas armazenadas na Formação Serrote do Meio, os aerossóis marinhos contribuem para sua salinidade e seus sedimentos mais finos facilitam a dissolução das rochas. As águas da Formação Iborepi são as menos salinas, nestas águas, há forte contribuição de aluminossilicatos para o aumento da concentração de sódio.

A qualidade da água subterrânea da faixa costeira do Estado do Ceará também foi estudada por Vieira et al. (1998). Foram realizadas coletas para análises físico-químicas e bacteriológicas de águas subterrâneas de 39 poços tubulares, 29 são do tipo misto, explorando a Formação Barreiras e o Cristalino; nove poços da Formação Barreiras e um captando água das dunas. Nos poços nos sedimentos da Formação Barreiras, a condutividade elétrica variou numa faixa menor de valores do que nos poços mistos. Quanto à concentração dos íons maiores, 36 amostras são cloretadas, sendo trinta sódicas e seis mistas. As três restantes são do tipo mista sódica. O tipo de água neste conjunto de amostras independe da zona aquífera explorada.

Santiago et al. (2007) estudaram os fatores condicionantes da qualidade das águas subterrâneas na região costeira do município de Caucaia, Estado do Ceará, através da determinação da concentração dos íons maiores e de nitrato, e de medidas de nível estático, de 40 amostras de água de poços localizados em Dunas, na Formação Barreiras e em Paleodunas. Logo após o período chuvoso ocorreu uma elevação drástica do nível da água nos poços e a diminuição dos valores de condutividade elétrica indicando que é rápido o processo de recarga nos aquíferos. A relação entre os cátions $\text{Na}^+ \gg \text{Mg}^{2+} \gg \text{Ca}^{2+}$ e a presença de águas cloretadas indicam a contribuição de aerossóis marinhos. Nas amostras estudadas os íons não são provenientes diretamente da água do mar, não havendo dessa forma intrusão marinha.

A Hidroquímica das águas subterrâneas do sistema Dunas/Barreiras no município de Caucaia, também foi estudada por Aguiar & Santiago (1999). Foi observada predominância de águas bicarbonatadas cálcicas a mistas e cloretadas sódicas e ausência de águas sulfatadas. Quanto à origem dos íons Ca^{2+} e HCO_3^- , identificou-se a dissolução da calcita como o principal processo de produção desses íons, com exceção de amostras de dois poços que apresentaram elevadas concentrações de nitrato, indicando processo de poluição pontual; e de quatro poços com produção adicional de HCO_3^- além da dissolução de carbonatos. Em relação à presença dos íons Cl^- e Na^+ , constatou-se a dissolução de NaCl e a contribuição de aerossóis marinhos.

Na região sudeste do Estado do Ceará no sertão nordestino, Ribeiro et al. (2000) fizeram um estudo hidroquímico das pequenas bacias sedimentares de Iguatu, no Estado do

Ceará localizadas nos municípios de Iguatu, Quixelô, Orós e Icó, que ocupam uma extensão descontínua de 1.135 km². Os resultados deste trabalho mostraram que os processos de salinização dos diferentes sistemas aquíferos são os mesmos.

1.2.2. Áreas de cárstico

Água subterrânea no calcário Jandaíra situado na Chapada do Apodi foi estudada por Fernandes et al. (2002). Os resultados mostram que, no período seco e chuvoso, as águas são todas do tipo cloretada mista e que essas águas sofreram o processo de evaporação antes da recarga. O aquífero explorado está na Formação calcária Jandaíra sendo a principal origem dos sais a dissolução da calcita e da dissolução de dolomita.

Os mecanismos de salinização dos aquíferos cársticos nas chapadas do Araripe e do Apodi foram estudados por Santiago et al. (2002a) através de medidas hidroquímicas. Na Chapada do Araripe há a Formação Santana composta por rochas calcárias e gipsitas, na Chapada do Apodi há a Formação Jandaíra composta por calcários clásticos dolomíticos. Os resultados das medidas de hidroquímica e a interpretação dos Índices de Saturação da Calcita (ISC), da Dolomita (ISD) e da Anidrida (ISA) mostraram rápida dissolução dos minerais existentes nas duas chapadas, uma vez que ocorre redução nos valores de condutividade elétrica durante o período chuvoso e aumento no final deste e no período de estiagem. Na Chapada do Araripe o aumento na concentração de sulfato, no período seco, indica a rápida dissolução de gipsita; na Chapada do Apodi permaneceram cloretadas mistas durante todo o período estudado. Na Formação Santana íons sulfatos são originados da dissolução de gipsita. Na Formação Jandaíra os íons de cálcio e sulfato não apresentam correlação; o sulfato pode ser proveniente de traços de cristais de gipsita mas a gipsita não é uma das principais rochas desta formação. Devido a diferentes condições geológicas nas duas chapadas ocorrem processos distintos de dissolução. Quanto à dissolução de sais de origem marinha, na Chapada do Apodi, excesso de cloretos em relação ao sódio indica que há outras fontes de cloreto. As chapadas estudadas são compostas por formações geológicas originárias de ambientes marinhos, deste modo outros sais podem ter sido depositados e podem contribuir para o aumento de cloreto sem o respectivo aumento de sódio.

1.2.3. Áreas de cristalino

Águas subterrâneas armazenadas em região de cristalino no município de Tauá, cristalino do semi-árido, localizado no centro-oeste do Estado do Ceará foram estudadas por Santiago et al. (2002b). Foram analisadas águas de cacimbões localizados em zonas aluvionares e em poços profundos no cristalino. Os resultados mostraram que nos aluviões, explorados por cacimbões, há predominância de águas bicarbonatadas magnesianas e, cloretadas magnesianas, no cristalino.

Outro trabalho em região cristalina foi feito por Queiroz et al. (2001) estudando a variação da qualidade da água de açudes e poços, também no município de Tauá. Os resultados mostraram que o comportamento das águas dos açudes é semelhante ao do Oceano Atlântico, sendo sujeitos a intenso efeito de evaporação. Os poços apresentaram um comportamento diferente, sugerindo troca de cátions provenientes da lavagem dos solos. Essa troca de íons é responsável pela modificação da composição química da água. O intemperismo se apresentou como a principal fonte de sais nos açudes e poços da região estudada.

Lima et al. (1996) examinaram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região dos Inhamuns. Para isto foram utilizados dados de hidroquímica e de oxigênio-18 de águas oriundas de fontes, poços, cacimbas, rios, riachos e açudes na bacia hidrográfica do Rio Carrapateiras nos municípios de Tauá e Arneiroz. As concentrações iônicas dessas águas diferenciam-se das águas usualmente encontradas em regiões cristalinas, pois apresentam alta concentração de magnésio decorrente da presença de clorita nos gabros da área de surgência das fontes. Águas de poços fora da área dos gabros também apresentaram salinidade alta, porém sua composição iônica está dentro do padrão encontrado em áreas cristalinas. Nas fontes, a dissolução de clorita define o caráter magnésiano dessas águas.

Souza Filho et al. (2004) estudaram através de medidas hidroquímicas, as águas subterrâneas da região de Irauçuba, norte do Estado do Ceará, armazenadas em rochas cristalinas muito fraturadas. As amostras foram separadas em três grupos por tipo de armazenamento: o dos paragnaisses, o dos ortognaisses e dos granitóides. Os resultados

mostraram que nos três tipos de armazenamento, as águas no período chuvoso são menos mineralizadas do que no período seco, indicando que a recarga é rápida.

Vasconcelos et al. (2002) estudaram aluviões como fonte de suprimento hídrico de pequenas comunidades no distrito São Francisco, município de Meruoca no Estado do Ceará. A região foi dividida em sete subsistemas aquíferos de acordo com a rede de drenagem. Os subsistemas Santo Elias, Santo Antônio, Cajueiro e Santo Inácio apresentaram os valores mais baixos de condutividade elétrica, seguidos por Santa Úrsula, Juazeiro/Soledade e São Francisco apresentam valores mais elevados. Diferentes faixas de condutividade elétrica nos diferentes subsistemas ocorrem devido a heterogeneidade da camada aluvionar, quanto ao tipo de sedimento e espessura.

A potabilidade das águas subterrâneas de parte do litoral do município de Caucaia, porção norte/nordeste do Estado do Ceará, foi estudada por Aguiar et al. (2000). A concentração de bactérias aumentou entre as coletas de set/98 e jun/99, indicando que a contaminação está aumentando, principalmente, após o período de chuvas. A concentração de nitrato apresentou-se maior que a de nitrito e de amônia, indicando que a fonte de contaminação está afastada do local de amostragem ou que a contaminação ocorreu a algum tempo antes da coleta. Em relação ao oxigênio consumido, sete amostras apresentaram valores acima de 3,5 mg/L sugerindo um comprometimento sanitário dessas águas. Os maiores índices de contaminação correspondem às regiões mais densamente ocupadas.

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização

A área de estudo está localizada na Chapada do Apodi, porção leste do Estado do Ceará, na divisa entre os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (Figura 2.1). Geograficamente, pertence aos municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré, Tabuleiro do Norte e Alto Santo no Estado do Ceará, e aos municípios de Baraúna, Dix-Sept Rosado, Felipe Guerra e Apodi no Rio Grande do Norte; está distante cerca de 200 km de Fortaleza.

2.2. Clima

O clima na Chapada do Apodi é muito quente e seco com distribuição de chuvas irregular no tempo e no espaço. Devido à baixa latitude, a temperatura apresenta-se sem grande variação anual, com temperatura média em torno de 27,5 °C, sendo dezembro o mês mais quente, com média de 28,5 °C, e julho o mês mais frio, com média de 26,5°C (MAIA et al. 1998). A umidade relativa do ar chega a valores superiores a 84% no mês de abril e inferiores a 50% em setembro (FIALHO et al. 2006).

O clima dos municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte é quente e seco, característico do semi-árido, com período chuvoso de janeiro a abril (IPECE, 2004).

2.3. Pluviosidade

Na Chapada do Apodi, as chuvas têm distribuição irregular no tempo e no espaço, com média anual de precipitação de aproximadamente de 679 mm (MAIA et al. 1998).

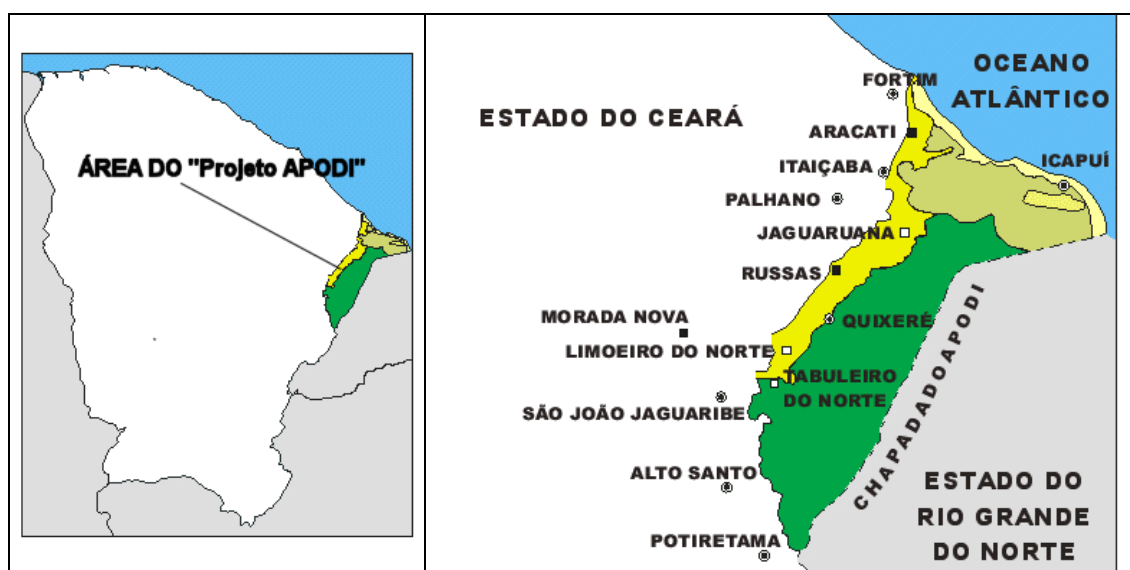


Figura 2.1. Localização da área de trabalho. (Fonte: COGERH)

Como no restante do semi-árido cearense, existe uma forte concentração de chuvas nos meses de março e abril (CRUZ et al. 2003b). Verifica-se a ocorrência de duas estações bem definidas: um verão chuvoso de janeiro a abril, estendendo-se com chuvas fracas até junho, e estiagem de julho a dezembro. O município de Limoeiro do Norte apresenta precipitação média anual de 772 mm com chuvas irregulares durante o ano (Figura 2.2) e média anual da umidade relativa de 62% (DNOCS, 2003).

2.4. Vegetação

O tipo de vegetação que predomina no semi-árido nordestino é a caatinga que decorre da deficiência hídrica originada pela baixa pluviosidade, alta evapotranspiração potencial e distribuição irregular das chuvas (ALBUQUERQUE & ANDRADE, 2002). Sua tonalidade é predominantemente esbranquiçada devido à falta de umidade do solo. A ocorrência de secas estacionais e periódicas estabelece regimes intermitentes aos rios deixando a vegetação sem folhas. A folhagem das plantas volta a brotar e fica verde durante o período chuvoso (MOREIRA et al. 2007).

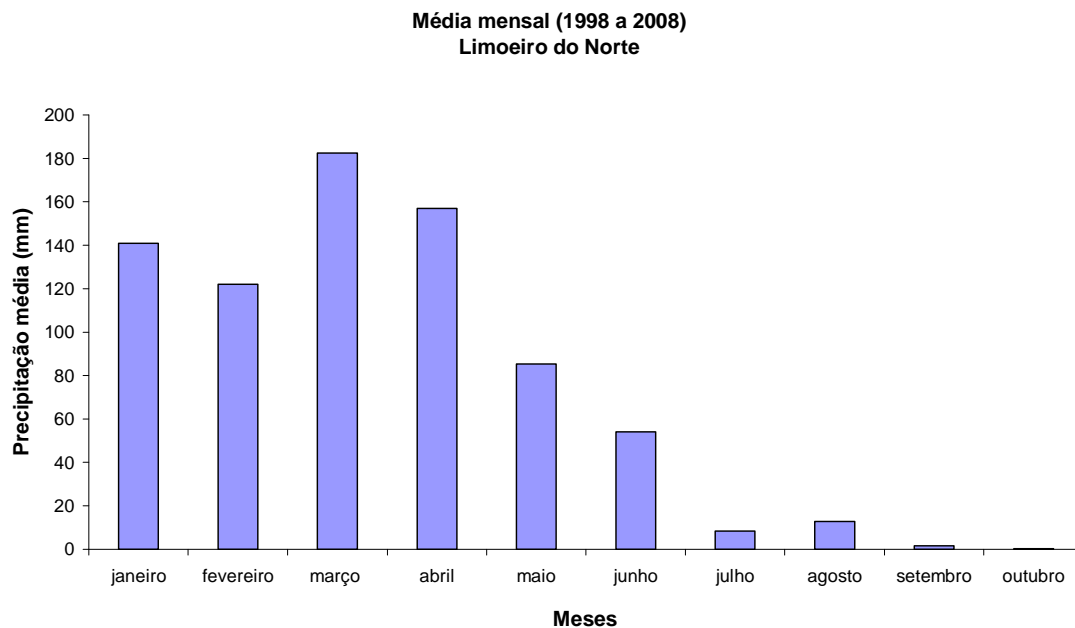


Figura 2.2. Histograma com valores médios mensais de precipitação.
(Fonte: FUNCEME)

Na caatinga, os vegetais mais comuns são: Pereiro, Jucá, Jurema, Pau-Branco, Aroeira, Catingueira, Juazeiro, além de variedades de cactos como o mandacaru, o xiquexique, a palma e outros. As folhas desse tipo de vegetação são pequenas ou modificadas em espinhos; algumas espécies, como os cactos, armazenam água em seu interior.

2.5. Solos

Os solos da Chapada do Apodi são de origem calcária; são encontrados diversos tipos, destacando-se o cambissolo, o podzólico vermelho-amarelo e o litólico eutrófico, com predominância de cambissolos (ALBUQUERQUE & ANDRADE et al. 2002).

Os solos do tipo cambissolo são rasos situados em relevos planos com fertilidade natural alta, com grande potencial para uso agrícola. Apresentam textura argilosa, e são bem a moderadamente drenados. Essa classe de solos predomina numa extensa parte da Chapada do Apodi; são utilizados principalmente para o plantio de milho, feijão, arroz, banana, fumo, soja, trigo e pastagem.

O podzólico vermelho-amarelo é de origem calcária com mistura de sedimentos arenosos; são comumente profundos e apresentam baixa fertilidade natural, textura média a argilosa, e bem ou moderadamente drenado. Possui relevo suave e ondulado.

O litólico eutrófico tem fertilidade alta, textura argilosa, é moderado a imperfeitamente drenado e apresenta relevo plano. Como é típico do domínio morfológico da caatinga, os solos dos municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte apresentam-se rasos e pedregosos.

2.6. Geologia

A Chapada do Apodi pertence à Bacia Potiguar que está quase totalmente inserida no Estado do Rio Grande do Norte, com apenas uma pequena parte no Estado do Ceará. A estratigrafia da bacia é representada na base, pelo Arenito Açú e, no topo, pelo Calcário da Formação Jandaíra que ocorre em todo o domínio da Bacia Potiguar. A Formação Jandaíra é composta por rochas carbonáticas apresentando camadas de calcário calcítico de cor cinza-clara e branca, ou amarela, com granulação fina a média, e calcário dolomítico cinzento ou amarelo de granulação geralmente mais grosseira (MOTA et al. 2007). Caracteriza-se pela predominância de carbonatos marinhos de águas rasas e agitadas, tanto em superfície como em subsuperfície (CASSAB, 2003). É um aquífero livre predominantemente cárstico, no qual a circulação da água se faz nas fraturas e em outras discontinuidades que resultaram da dissolução do carbonato na água tendo assim, uma topografia característica oriunda da dissolução de tais rochas.

A Formação Açú assenta-se sobre as rochas do embasamento cristalino, sendo seu contato com a Formação Jandaíra de forma gradativa. Esta formação caracteriza-se por rochas do tipo arenito, intercaladas por siltitos, argilitos e folhelhos vermelhos e marrons formando solos arenosos. É um aquífero livre na faixa de afloramento que circunda a Bacia

Potiguar entre o embasamento e os sedimentos da Formação Jandaíra, e um aquífero confinado na parte recoberta por esta mesma Formação.

2.6.1. Calcário Jandaíra

Rochas calcárias são importantes como recursos minerais e se prestam a vários usos como a fabricação de cimento, cal e corretivo do solo, sendo também importantes aquíferos subterrâneos. Estas rochas se dissolvem com facilidade pela água da chuva, havendo, na área, ausência de rios na superfície propiciando existência de problemas e feições típicas nas regiões em que ocorrem, tais como: dolinas, cavernas, sumidouro, colapso e contaminação. Este tipo de relevo pode também aparecer em outros tipos de rochas carbonáticas tais como o mármore e rochas dolomíticas.

As dolinas são buracos formados na superfície do terreno porque o solo migrou ou está migrando para as cavidades dos rios subterrâneos e podem ser de várias dimensões. As cavernas são buracos formados no interior da terra pela dissolução das rochas carbonáticas pela água das chuvas. Uma indicação de que podem existir cavidades subterrâneas são as dolinas e os sumidouros d'água. O sumidouro acontece quando um rio desaparece na superfície do terreno porque a água infiltra abaixo da terra.

O colapso é o afundamento brusco que pode ocorrer na superfície do terreno, devido a desmoronamentos nas cavidades subterrâneas e a contaminação ocorre quando poluentes lançados nesses terrenos infiltram rapidamente podendo contaminar as águas subterrâneas, uma vez que as regiões cársticas possuem solos com alta permeabilidade que permitem o escoamento rápido da água.

Em terrenos constituídos de rochas calcárias, rochas sedimentares carbonatadas compostas essencialmente por carbonatos calcínicos, ocorre cárstico que é um tipo de relevo geológico acidentado que se forma a partir da precipitação de carbonatos liberados na água do mar pela destruição de conchas, indicando que onde existe calcário há muitos milhões de anos já existiu mar. Os calcários, na maioria das vezes, são formados pelo acúmulo de organismos inferiores ou precipitação de carbonato de cálcio na forma de bicarbonatos,

principalmente em meio marinho. Também podem ser encontrados em rios, lagos e no subsolo, ou seja, em cavernas.

2.7. Hidrogeologia

O aquífero Jandaíra é um aquífero livre na maior parte do seu domínio, com vazões baixas, em média de 3,0 m³/h, podendo variar até 30 m³/h e espessura média de 250 a 300 m (MOREIRA et al. 2007). Apresenta águas salobras que em geral não servem para o consumo humano, porém composição química favorável para utilização na pecuária e em pequenas irrigações.

O aquífero Açú encontra-se numa faixa que acompanha a borda da Bacia Potiguar. As rochas que constituem este aquífero têm composição variada, representada principalmente por arenitos poucos argilosos. É um aquífero confinado pelos calcários da Formação Jandaíra e um aquífero livre nas áreas de afloramento, recebendo recarga direta. Nesta área a vazão dos poços é 10 m³/h, enquanto que na área de sub-superfície a vazão pode atingir até 200 m³/h. Apresenta espessura média de 150 m na área de afloramento; esta espessura aumenta gradativamente chegando a atingir média de 500 m na sub-superfície; ou seja, na área onde se encontra recoberto pela Formação Jandaíra (MOREIRA et al. 2007). As águas deste aquífero geralmente são boas para os consumos: humano, animal, industrial e outros.

A água para irrigação na Chapada do Apodi é obtida através da perenização do rio Jaguaribe e da exploração de água subterrânea, cuja captação é feita através do calcário Jandaíra, que é o mais utilizado (MEDEIROS et al. 2003), com profundidade em torno de 100 m e do arenito Açú, em poços com cerca de 1000 m de profundidade.

2.8. Aspectos econômicos

Os agropolos são áreas geograficamente delimitadas envolvendo municípios que possuem grande potencial para a agricultura irrigada; um deles é o Agropólo do Baixo-

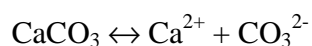
Jaguaribe nos municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte. (MATIAS et al. 2204). O município de Limoeiro do Norte é um dos principais pólos de produção de frutas (MATIAS et al. 2003). O projeto Caminhos de Israel se localiza em áreas não abrangidas pelos agropolos, para beneficiar um grande número de pequenos produtores.

As principais matérias primas utilizadas são água, energia e adubo, este fornecido, na maioria dos casos, por fornecedores locais e alguns de São Paulo, Petrolina e Juazeiro, no Estado da Bahia. Os principais produtos agrícolas são: mamão, banana, manga, goiaba, ata, melancia, uva, abacaxi, etc. Estes produtos possuem preços bastante variados, com forte sazonalidade e muito suscetíveis às oscilações do mercado regional, nacional e internacional (SDLI, 2008).

Devido a diversos fatores, como por exemplo: a elevada qualidade do solo, existência de sol o ano inteiro, disponibilidade de água do Rio Jaguaribe e uso de tecnologia adequada; a produção é satisfatória, sendo o município de Limoeiro do Norte o maior exportador brasileiro de melão e o segundo maior exportador de abacaxi (SDLI, 2008).

3. CARBONATOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O carbonato de cálcio, CaCO_3 , é encontrado em dois diferentes minerais, a calcita e a aragonita, com diferentes solubilidades e estruturas cristalinas. A dissolução destes minerais ocorre numa reação do tipo,



Mas as constantes de equilíbrio da calcita (k_{cal}) e da aragonita (k_{arag}) são diferentes.

$$k_{\text{cal}} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{CO}_3^{2-}] = 3,3 \times 10^{-9} \text{ a } 25^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{arag}} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{CO}_3^{2-}] = 4,6 \times 10^{-9} \text{ a } 25^\circ\text{C}$$

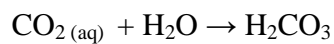
E os produtos de solubilidade (APPELO e POSTMA, 1999) são,

$$\log k_{\text{cal}} = - 8,48$$

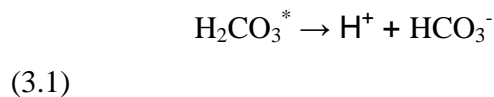
$$\log k_{\text{arag}} = - 8,34$$

Assim, a solubilidade da aragonita é maior do que a da calcita que é o mineral mais estável.

Na natureza, a dissolução de calcita ocorre através de um conjunto de reações que envolvem o CO₂ dissolvido na água. Inicialmente forma-se ácido carbônico,



Ele se dissocia em duas reações cujas solubilidades a 25°C são (APPELO e POSTMA, 1999):

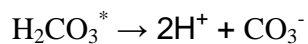


$$\text{Com } K_1 = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = 10^{-6,3}$$



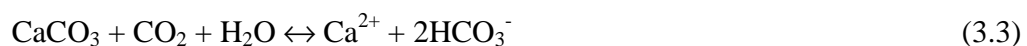
$$\text{Com } K_2 = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]/[\text{HCO}_3^-] = 10^{-10,3} \quad \text{Sendo, } \text{H}_2\text{CO}_3^* = \text{CO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{CO}_3$$

Somando estas as reações (1) e (2) temos,



$$\text{Com } K = 10^{-16,6} \quad (\text{APPELO e POSTMA, 1999}):$$

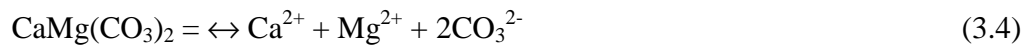
A dissolução e a precipitação da calcita podem ser resumidas através da equação,



Tendo CO₂ disponível, como no caso de um sistema aberto em contato com a atmosfera, a calcita se dissolve; o consumo de CO₂ produz precipitação de calcita. Por isso,

é importante distinguir entre sistema aberto, com pressão de CO₂ constante de um sistema fechado onde o CO₂ é consumido na reação (3.3) e ele não é repostado.

A dolomita, com fórmula química CaMg(CO₃)₂, tem solubilidade que pode ser representada pela equação,



Com $K_{\text{dol}} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{Mg}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}]^2 = 10^{-17,2}$ (APPELO e POSTMA, 1999)

A dolomita é formada na natureza por alteração da calcita ou da aragonita (DREVER, 2002).

O estado de saturação de uma água em relação a um mineral, como por exemplo, a calcita, pode ser identificado através do Índice de Saturação que compara atividades no equilíbrio, K, com atividades na amostra de água que é o Produto de Atividade Iônica, IAP.

A condição de saturação pode ser expressa pela relação IAP/K.

IAP/K = 1 é equilíbrio

IAP/K > 1 é supersaturação

IAP/K < 1 é subsaturação

Como é possível encontrar grandes desvios do equilíbrio é conveniente adotar escala logarítmica e definir Índice de Saturação como,

$$\text{IS} = \log (\text{IAP}/\text{K}) \quad (3.5)$$

E as condições de saturação são,

IS = 0 equilíbrio entre o mineral e a solução;

IS < 0 indica subsaturação

$IS > 0$ indica supersaturação.

O equilíbrio normalmente não é encontrado; o IS indica a tendência do processo; no estado de subsaturação sugere dissolução e no de supersaturação, o processo de dissolução (APPELO e POSTMA, 1999).

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização desse estudo se divide em três etapas: a primeira foi um trabalho de campo, a segunda medidas em laboratório e a terceira os cálculos dos índices de saturação de calcita e dolomita.

4.1. Trabalho de Campo

Nesta etapa, foram realizadas duas campanhas de coleta de amostras de água em dois períodos distintos, uma durante o período chuvoso, em abril de 2008 e outra durante o período seco, em setembro de 2008. Essas coletas foram realizadas dentro do projeto intitulado "Plano de Gestão Participativa dos Aquíferos da Bacia Potiguar, Estado do Ceará" financiado pelo Projeto de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROGERIRH). Dos locais de coleta 07 estão localizados em Alto Santo (Tabela 4.1), 09 estão localizados em Limoeiro do Norte (Tabela 4.2), 31 estão localizados em Quixeré (Tabela 4.3), 09 estão localizados em Tabuleiro do Norte (Tabela 4.4) todos na Chapada do Apodi e 05 estão localizados no município de Aracati (Tabela 4.5), localizado fora da Chapada, para comparação. A Figura 4.1 mostra um mapa de localização dos pontos amostrados.

Tabela 4.1 - Localização de poços amostrados no município de Alto Santo.

Nº	Local / Poço	UTM E	UTM N
1	Água Apodi	9398738	609510
2	Assent. Laje Oiticica	9398320	617766
3	Assent. Groelândia	9398194	618203
4	Francisco Erismar da Silva	9392861	610061
5	Laje Oiticica	9398508	617363
6	Lagoa Grande - P2	9396613	612924
7	Rita Maria	9392577	609979

Tabela 4.2 - Localização de poços amostrados no município de Limoeiro do Norte.

Nº	Local / Poço	UTM E	UTM N
1	CalBras	9422680	631957
2	Carbomil	9419993	616840
3	Comunidade km 60	9423542	623049
4	Comunidade km 60 lim 20	9422783	624439
5	Comunidade Sucupira	9418023	621423
6	José Maria Filho- Conj Tomé	9431466	615719
7	Francisco Aduino Neto -Tomé	9423506	623002
8	Lagoa do Rocha (Saldanha)	9422680	631957
9	Lagoa do Rocha (Saldanha) 22	9422631	631956

Tabela 4.3 - Localização de poços amostrados no município de Quixeré.

Nº	Local / Poço	UTM E	UTM N
1	Airlon Gonçalves	9430170	618105
2	Angel Agrícola – B1	9441701	630210
3	Balneário Leomar – Qui 81	9440492	623342
4	Balneário Leomar – Qui 83	9440407	623257
5	Bessa	9437936	626785
6	Bessa análise 1217	9438133	626792
7	Comunidade Ubaia	9433286	633907
8	Delmont – P8	9437146	634029
9	Delmont – P9	9438631	633601
10	Delmont – 10	9437736	631394
11	Delmont – P16	9440172	630229
12	Delmont - P23	9439690	629689
13	Fruta Cor – Boa esperança	9438880	626542
14	Fruta Cor – Boa esperança	9438249	626631
15	Fruta Cor – Cercado do Meio – P1	9434389	615908
16	Fruta Cor – Cercado do Meio – P2	9433556	617579
17	Fruta Cor – Cercado do Meio – P3	9433368	617070
18	Fruta Cor – Cercado do Meio – P4	9432965	616513
19	JS Sallout – P1	9433381	620766
20	JS Sallout – P2	9432880	621148
21	JS Sallout – P3	9432502	621369
22	JS Sallout – P5	9432339	622406
23	JS Sallout – P6	9431988	622434
24	Lagoinha - SAAE	9437903	621311
25	Mila Agrícola – PA	9442973	630563

Continuação da Tabela 4.3

Nº	Local / Poço	UTM E	UTM N
26	Mila Agrícola – PB	9442931	630852
27	WG Fruticultura - P1	9431181	617552
28	WG Fruticultura - P2	9431277	617484
29	WG Fruticultura - P3	9431476	617619
30	WG Fruticultura - P5	9431157	618444
31	WG Fruticultura - P7	9431065	618605

Tabela 4.4 - Localização de poços amostrados no município de Tabuleiro do Norte.

Nº	Local / Poço	UTM E	UTM N
1	Alto do Mariano	9416031	598734
2	Alto do Mendes	9407277	603347
3	Gangorrinha	9413822	599136
4	Gangorrinha	9414849	599135
5	Lagoa do Meio	9404564	598932
6	Olho d'água da Bica	9404267	609040
7	Olho d'água da Bica	9405239	607883
8	São Bento	9401440	609926
9	Várzea Grande	9409605	600701

Tabela 4.5 - Localização de poços amostrados no município de Aracati.

Nº	Local / Poço	UTM E	UTM N
1	Da Fruta - P2	9493800	641594
2	Da Fruta – P4	9493915	641557
3	Da Fruta – P5	9493967	641561
4	Kraft – P2	9493433	641223
5	Kraft – P5	9493548	641186

No local de coleta, em cada amostra foram feitas medidas dos parâmetros pH e Condutividade Elétrica. O pH determina o grau de alcalinidade ou acidez da água através da medida da concentração dos íons H^+ presentes na mesma, sendo o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade os principais fatores que o determinam, e a Condutividade Elétrica, medida em $\mu S/cm$, estima o teor de sais dissolvidos na água sob a forma de íons.

4.2. Trabalho de Laboratório

Análises físico-químicas dos seguintes elementos cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^{2+}), potássio (K^+), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), ferro (Fe) e Dureza, foram feitas no Laboratório de Hidroquímica Departamento de Física da UFC através dos seguintes métodos:

Ca^{2+} : Determinação complexiométrica em presença do indicador murexida com a titulação feita com EDTA de normalidade 0,02 N.

Mg^{2+} : Medida indireta através da dureza.

Na^{2+} e K^+ : Ambos determinados por leitura direta usando fotometria de chama.

HCO_3^- : Acidimetria após determinação de carbonato em presença do indicador misto a 1%.

Cl^- : Determinação volumétrica com AgNO_3 como solução titulante usando $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ como indicador.

SO_4^{2-} : Determinação pelo espectrofotômetro com comprimento de onda de 420 nm.

Fe: Determinação pelo espectrofotômetro com comprimento de onda de 510 nm.

Dureza: Determinação complexiométrica em presença do indicador negro de eriocromo com a titulação feita com EDTA.

Os limites de potabilidade dos íons estudados e dos parâmetros turbidez, cor, STD (Sólidos Totais Dissolvidos), Fe e dureza segundo a portaria nº 518 do Ministério da Saúde 2004 são: Na^{2+} : 200 mg/L, Cl^- : 250 mg/L, SO_4^{2-} : 400 mg/L, turbidez: 5,0 uT, cor: 15,0 uH, STD: 1000 mg/L, Fe: 0,3 mg/L e Dureza: 500 mg/L.

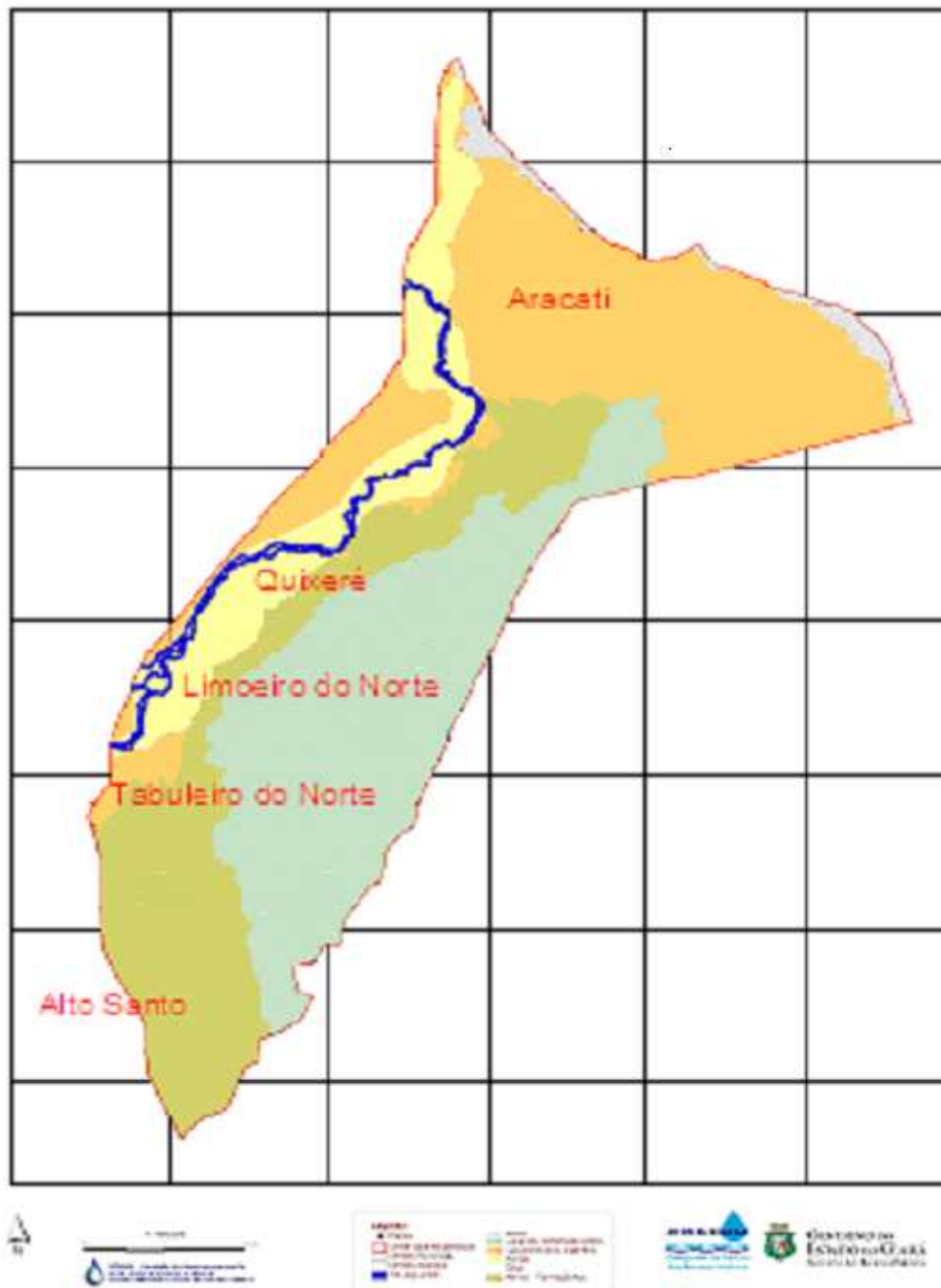


Figura 4.1 – Mapa de localização.
(Fonte: COGERH)

4.3. Cálculo de Índice de Saturação

4.3.1. Índice de Saturação da Calcita

O Índice de Saturação da Calcita (ISC) foi utilizado na interpretação dos dados hidroquímicos para identificar o grau de mineralização dessas águas.

O índice de saturação da calcita é um parâmetro estimado com base nos resultados de medidas de alcalinidade total, isto é, presença de carbonatos e bicarbonatos, concentração de cálcio, medidas de pH, condutividade elétrica e força iônica sendo esta, determinada pela condutividade elétrica ou pelos sólidos totais dissolvidos. Este parâmetro permite prever a tendência de solubilização ou de precipitação de CaCO_3 na água e a conseqüente formação de incrustações em tubulações e equipamentos. De acordo com este índice a água pode encontrar-se em três situações:

$\text{ISC} > 0$: água supersaturada, com tendência à precipitação de CaCO_3 .

$\text{ISC} = 0$: água saturada, em equilíbrio.

$\text{ISC} < 0$: água subsaturada, com tendência à dissolução de CaCO_3 .

O Índice de Saturação da Calcita é dado pela seguinte relação (APPELO & POSTMA, 1999):

$$\text{ISC} = -1,98 + \text{pH} + \log (a_{\text{Ca}^{2+}}) + \log (a_{\text{HCO}_3^-}) \quad (4.1)$$

Onde $a_{\text{Ca}^{2+}}$ representa a atividade do cálcio, e $a_{\text{HCO}_3^-}$ a atividade do bicarbonato, sendo a atividade uma parcela das concentrações que participam das reações, dadas da seguinte forma:

$$a_{\text{Ca}^{2+}} = \gamma_{\text{Ca}^{2+}} \cdot \text{Ca}^{2+} (\text{meq/L}) \cdot 10^{-3} \quad (4.2)$$

$$a_{\text{HCO}_3^-} = \gamma_{\text{HCO}_3^-} \cdot \text{HCO}_3^- (\text{meq/L}) \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

Com os coeficientes de atividade dados pelas relações abaixo:

$$\gamma_{Ca^{2+}} = \exp^{-\{0,513 \cdot 4 [II/2 / (1 + 1,4 II/2)]\}} \quad (4.4)$$

$$\gamma_{HCO_3^-} = \exp^{-\{ 0,513 [II/2 / (1 + II/2)] + 0,3 \cdot I\}} \quad (4.5)$$

Onde força iônica I, que leva em consideração a massa dos íons maiores, é dada por:

$$I = \frac{1}{2} (4 \cdot Ca^{2+} + 4 \cdot Mg^{2+} + Na^+ + K^+ + Cl^- + 4 \cdot SO_4^{2-} + HCO_3^-) \cdot 10^{-3} \quad (4.6)$$

com as concentrações dos íons maiores em mg/L.

4.3.2. Índice de Saturação da Dolomita

A dolomita é um mineral de cálcio e magnésio $CaMg(CO_3)_2$; é muito abundante na natureza na forma de rochas carbonatadas, calcários e mármore dolomíticos, utilizados, como fonte de magnésio e para a fabricação de materiais refratários.

O índice de saturação de dolomita também foi utilizado na interpretação dos dados hidroquímicos para identificar o grau de mineralização dessas águas.

O Índice de Saturação da Dolomita é dado pela seguinte equação:

$$ISD = \log (a_{Ca^{2+}}) + \log (a_{Mg^{2+}}) + \log (a_{HCO_3^-}) + pH + 0,37 \quad (4.7)$$

Sendo $a_{Ca^{2+}}$ a atividade do cálcio, $a_{HCO_3^-}$ a atividade do bicarbonato e $a_{Mg^{2+}}$ a atividade do magnésio, na qual é dada por:

$$a_{Mg^{2+}} = \gamma_{Ca^{2+}} \cdot Mg^{2+} \text{ (meq/L)} \cdot 10^{-3} \quad (4.8)$$

Onde $\gamma_{Ca^{2+}}$ é dado pela equação (4.4).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Hidroquímica

Os resultados dos parâmetros hidroquímicos (STD, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- e Fe) estão apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.5, para as duas coletas nos períodos chuvoso, abril/08, (a) e seco, setembro/08, (b) respectivamente, amostras de água subterrânea dos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré, Tabuleiro do Norte e Aracati. Os resultados dos parâmetros físico-químicos (turbidez, cor, dureza, condutividade elétrica e pH) são mostrados nas Tabelas 5.6 a 5.10, também para as duas coletas, seguindo a mesma ordem dos municípios.

Estes resultados são utilizados para identificar a qualidade das águas quanto à concentração de cátions e ânions em relação aos valores das águas consideradas potáveis, de acordo com a Resolução da Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (MS, 2004), identificando também as condições hidroquímicas do sistema aquífero.

5.1.1. Concentração de cátions

5.1.1.1 Concentrações dos cátions em amostras de água subterrânea de Alto Santo

As distribuições estatísticas das concentrações de cátions em amostras de água subterrâneas do município de Alto Santo no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.1a, 5.1b, 5.1c e 5.1d apresentam as distribuições de cálcio, magnésio, sódio e potássio, respectivamente.

Tabela 5.1a - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Alto Santo no período chuvoso (abril/08).
STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Água Apodi	118,8	4,0	6,0	16,4	10,1	45,1	0,4	33,0	ND
2	Assent. Laje Oiticica	886,0	39,2	96,2	35,0	16,3	60,1	93,2	545,5	0,05
3	Francisco Erismar da Silva	295,5	17,9	15,7	43,1	14,7	63,9	16,1	113,9	0,50
4	Laje Oiticica	2428,4	210,4	196,8	321,8	3,4	1070,9	163,1	416,7	0,31
5	Lagoa Grande 2	95,0	5,9	3,6	11,3	8,4	48,8	0,1	12,0	0,01
6	Rita Maria	85,0	ND	4,8	13,8	10,1	37,6	0,4	18,0	ND

ND: Não Detectado.

Tabela 5.1b - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Alto Santo no período seco (setembro/08).
STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Água Apodi	97,1	4,8	2,9	13,8	13,2	23,4	0,3	38,0	0,02
2	Assentamento Laje Oiticica	2200	232,0	179,8	321,8	30,0	1169,0	48,6	174,1	0,11
3	Assentamento Groelândia	209,0	16,0	14,6	21,8	19,2	84,8	0,5	38,0	0,03
4	Francisco Erismar da Silva	90,7	1,6	1,9	16,4	13,2	27,3	0,1	25,3	ND
5	Laje da Oiticica	3307,7	180,0	328,0	485,6	6,8	1758,4	201,8	300,7	0,03
6	Lagoa Grande – P2	495,5	35,2	41,8	43,1	6,8	62,3	17,3	234,2	0,25
7	Rita Maria	83,2	1,6	2,9	15,1	10,1	25,3	0,2	19,0	ND

ND: Não Detectado.

Tabela 5.2a - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Limoeiro do Norte no período chuvoso (abril/08).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	CalBras	745,8	41,6	76,3	33,5	6,8	37,6	32,7	512,6	0,07
2	Carbomil	809,8	95,2	57,3	51,6	5,1	73,3	37,4	455,6	0,01
3	Comunidade km 60	802,8	91,3	61,5	56,9	5,1	92,1	47,5	395,7	0,01
4	Comunidade km 60 lim 20	722,6	27,2	80,7	48,1	6,8	77,0	36,3	398,7	0,18
5	Comunidade Sucupira	749,2	55,5	86,8	33,5	6,8	77,0	30,5	458,6	0,02
6	José Maria Filho Conj Tomé	1001,0	47,2	92,8	108,4	5,1	216,1	47,3	464,6	0,02
7	Francisco Aduino Neto - Tomé	921,0	49,6	94,0	99,3	5,1	191,6	38,6	422,6	0,02
8	Lagoa do Rocha (Saldanha)	6886,3	680,0	680,4	905,9	13,2	3645,0	519,4	227,8	0,06
9	Lagoa do Rocha (Saldanha) 22	4742,1	432,0	359,6	949,2	10,1	2235,8	482,7	65,9	10,84

ND: Não Detectado.

Tabela 5.2b - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Limoeiro do Norte no período seco (setembro/08).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Calbras – km 60	765,7	90,0	51,0	41,4	8,4	65,8	34,5	427,3	0,08
2	Carbomil	865,7	130,0	34,0	80,1	6,8	133,9	38,0	348,2	ND
3	Comunidade km 60 - Associação	706,3	110,0	27,9	56,9	5,1	82,8	24,3	324,5	ND
4	Comunidade km 60 - Sebastião	791,1	76,0	65,6	43,1	10,1	58,4	31,7	459,0	0,04
5	Comunidade Sucupira	656,0	70,0	55,9	38,1	10,1	75,5	24,4	324,5	0,01
6	José Maria Filho - Tomé	946,0	88,0	65,6	115,4	5,1	243,5	40,6	308,6	0,03
7	Tomé Fco. Aduino Neto	923,8	96,0	57,1	108,4	6,8	231,4	30,5	324,5	0,08
8	Lagoa do Rocha	8901,0	928,0	797,0	1083,8	20,6	4656,5	987,1	95,0	0,03
9	Lagoa do Rocha	4920,3	448,0	362,1	760,6	6,8	2328,3	540,0	205,8	0,19

ND: Não Detectado.

Tabela 5.3a - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Quixeré no período chuvoso (abril/08).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Airlon Gonçalves	981,9	126,4	35,0	94,9	6,8	315,6	44,5	317,7	0,11
2	Angel agrícola B1	911,1	172,6	3,6	55,1	3,4	139,0	27,8	488,6	0,04
3	Balneário Leomar Qui 81	988,6	115,2	59,3	101,6	3,5	278,1	34,8	377,7	0,06
4	Balneário Leomar Qui 83	966,2	104,0	71,0	92,7	3,4	227,3	38,6	410,7	0,03
5	Bessa	1292,2	112,1	135,0	127,4	3,4	409,6	61,1	413,7	0,05
6	Bessa análise 1217	1112,3	189,5	42,8	103,8	3,4	328,8	56,3	386,7	0,04
7	Delmont Poço 9	803,9	55,5	86,8	80,1	3,4	197,3	44,6	335,7	0,01
8	Delmont Poço 8	1076,9	220,2	15,7	97,1	3,4	319,4	45,2	347,7	0,01
9	Comunidade Ubaia	1083,5	113,1	63,9	97,1	3,4	289,3	40,5	425,6	ND
10	Delmont Poço 10	1042,4	97,2	71,1	101,6	3,4	287,5	43,0	374,7	0,24
11	Delmont Poço 23	1106,4	55,5	107,3	94,9	8,4	340,1	44,0	401,7	0,86
12	Delmont Poço 16	899,8	103,2	83,6	64,4	3,4	206,7	29,7	353,7	2,29
13	Fruta-cor Boa Esperança	1316,4	109,1	132,6	140,2	5,1	435,9	65,1	398,7	0,02
14	Fruta-cor Boa Esperança qui 64	1409,8	284,7	45,2	125,0	5,1	447,2	67,6	389,7	0,02
15	Fruta-cor cercado do meio 1	1033,4	63,5	115,7	101,6	5,1	242,4	36,0	425,6	0,03
16	Fruta-cor cercado do meio 2	1320,6	117,1	124,1	122,5	27,5	377,6	85,3	416,7	0,02
17	Fruta-cor cercado do meio 3	1290,4	87,3	130,2	136,4	5,1	454,7	40,6	404,7	0,04
18	Fruta-cor cercado do meio 4	1060,3	37,7	100,0	117,7	3,4	293,1	45,5	446,6	0,12
19	Js Sallout Poço 1	1190,9	134,9	95,9	168,5	13,2	420,9	67,6	203,8	0,22
20	Js Sallout Poço 2	1195,4	216,3	73,5	120,3	10,1	390,8	37,6	263,8	0,08
21	Js Sallout Poço 6	1332,5	164,7	149,4	113,9	13,2	402,1	100,3	185,8	0,09
22	Js Sallout Poço 5	1437,6	230,1	95,2	144,2	13,2	407,7	68,1	305,7	0,02
23	Js Sallout Poço 3	1142,6	236,1	51,8	113,0	10,1	368,2	21,2	215,8	0,10
24	Mila agrícola poço A	964,4	190,5	7,2	55,1	6,8	212,3	41,2	404,7	0,07

Continuação da Tabela 5.3a

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
25	Mila agrícola poço B	810,3	128,0	50,0	44,7	3,4	219,8	30,9	311,7	ND
26	SAAE Lagoinha	1106,2	87,2	89,9	115,4	3,4	296,9	54,0	446,6	0,02
27	WG Fruticultura Poço 1	1170,1	65,5	131,4	127,4	5,1	323,2	56,1	437,6	0,03
28	WG Fruticultura Poço 2	1069,5	87,3	107,3	122,5	5,1	308,1	44,3	341,7	0,02
29	WG Fruticultura Poço 3	1268,3	79,4	121,7	144,2	5,1	362,6	68,1	458,6	0,10
30	WG Fruticultura Poço 5	1001,5	71,4	88,0	99,3	5,1	287,5	41,6	371,7	0,10
31	WG Fruticultura Poço 7	952,8	83,3	85,6	86,3	5,1	233,0	37,4	377,7	0,02

ND: Não Detectado.

Tabela 5.3b - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Quixeré no período seco (setembro/2008).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Airlon Gonçalves	968,7	124,0	40,1	115,4	3,4	255,7	30,3	340,3	0,07
2	Angel Agrícola – B1	479,2	62,0	13,4	62,5	3,4	153,4	21,8	137,0	ND
3	Balneário Leomar - Tobogã	608,6	52,0	36,4	94,9	5,1	258,1	24,8	96,2	ND
4	Balneário Leomar –Trampolim	568,9	54,0	31,6	90,6	3,4	233,8	28,9	116,6	ND
5	Bessa	784,1	64,0	57,1	117,7	5,1	355,6	31,3	113,7	0,01
6	Bessa	954,2	78,0	66,8	136,4	5,1	414,0	40,9	125,4	ND
7	Comunidade Ubaia	508,3	64,0	14,6	76,1	3,4	160,7	30,7	142,9	ND
8	Delmont – P8	1105,2	156,0	48,6	90,6	3,4	267,9	49,2	110,8	ND
9	Delmont – P9	1289,8	120,1	72,9	152,1	3,4	443,2	150,9	58,3	ND
10	Delmont – 10	733,9	124,0	34,0	99,3	3,4	316,6	48,0	93,3	ND
11	Delmont – P16	663,7	128,0	10,9	80,1	3,4	272,8	29,7	119,5	ND
12	Delmont - P23	777,1	126,0	26,7	106,1	3,4	348,3	30,8	116,6	ND
13	Fruta Cor – Boa esperança	773,8	52,0	58,3	115,4	3,4	336,1	32,4	125,4	ND
14	Fruta Cor – Boa esperança	1067,4	130,0	64,4	148,1	3,4	513,9	45,7	105,0	ND

Continuação da Tabela 5.3b

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
15	Fruta Cor – Cercado do Meio – P1	1004,0	102,0	54,7	108,4	6,8	238,7	34,2	411,5	ND
16	Fruta Cor – Cercado do Meio – P2	1208,2	162,0	54,7	144,2	6,8	409,1	34,6	316,5	0,01
*17	Fruta Cor – Cercado do Meio – P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Fruta Cor – Cercado do Meio – P4	1176,0	142,0	53,5	140,2	6,8	358,0	37,4	379,9	0,03
19	JS Sallout – P1	1236,0	130,0	72,9	160,2	6,8	394,5	19,8	411,5	0,25
20	JS Sallout – P2	1090,8	138,0	52,2	144,2	10,1	341,0	32,7	284,9	ND
*21	JS Sallout – P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	JS Sallout – P5	1099,7	128,0	54,7	125,0	10,1	299,6	36,6	364,0	0,02
23	JS Sallout – P6	1320,3	172,0	57,1	113,0	10,1	321,5	95,3	459,0	0,18
24	Lagoinha – SAAE	1158,2	134,0	52,2	120,1	3,4	277,6	34,5	498,6	0,02
25	Mila Agrícola – PA	696,1	92,0	31,6	64,4	3,4	185,1	27,0	52,5	0,02
26	Mila Agrícola – PB	549,5	116,0	6,1	58,8	3,4	202,1	32,8	90,4	ND
27	WG Fruticultura - P1	1037,8	104,0	64,4	125,0	5,1	270,3	42,5	356,1	ND
28	WG Fruticultura - P2	1029,0	98,0	62,0	122,5	5,1	270,3	37,6	371,9	ND
29	WG Fruticultura - P3	1043,2	108,0	60,7	125,0	5,1	280,1	39,9	356,1	0,01
30	WG Fruticultura - P5	991,8	100,0	60,7	122,5	5,1	250,8	37,7	356,1	ND
31	WG Fruticultura - P7	997,4	132,0	45,0	117,7	5,1	302,0	32,0	292,8	ND

* N^{os} 17 e 21 coletados só no período chuvoso. ND: Não Detectado.

Tabela 5.4a - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Tabuleiro do Norte no período chuvoso (abril/2008).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	São Bento	309,5	45,6	24,1	21,8	16,3	95,8	5,2	77,9	ND
2	Olho d'água da Bica	923,9	75,4	91,0	72,1	16,3	176,6	24,1	464,6	0,03
3	Olho d'água da Bica Nº 1266	842,5	90,4	41,8	53,4	24,8	148,4	27,8	455,6	0,01
4	Alto do Mendes	602,9	56,0	34,0	55,1	14,7	112,7	18,0	299,7	0,01
5	Lagoa do meio	677,2	82,4	34,0	60,6	34,8	214,2	54,6	56,9	0,91
6	Várzea Grande	1498,1	100,8	177,9	159,1	13,2	744,0	31,1	254,8	ND
7	Gangorinha	941,0	180,0	16,5	103,8	13,2	375,8	16,9	221,8	0,04
8	Gangorinha tan 189	634,3	57,6	31,6	74,1	10,1	139,0	16,3	278,8	0,03
9	Alto do Mariano	858,5	97,6	65,1	88,5	43,3	428,4	0,7	77,9	0,11

ND: Não Detectado.

Tabela 5.4b - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Tabuleiro do Norte no período seco (setembro/2008).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Alto do Mariano	862,4	100,0	63,2	94,9	45,1	445,7	1,3	63,3	0,02
2	Alto do Mendes	552,0	49,6	25,3	55,1	13,2	81,8	17,6	284,9	ND
3	Gangorinha	1324,3	156,0	85,0	164,3	19,2	708,7	19,9	110,8	0,01
4	Gangorinha	592,2	56,0	17,0	92,7	13,2	151	17,8	189,9	ND
5	Lagoa do Meio	1107,4	176,0	65,6	103,8	41,3	574,8	10,0	71,2	0,34
6	Olho d'água da Bica	611,2	56,0	41,3	60,6	27,4	151,0	29,9	189,9	0,07
7	Olho d'água da Bica	655,4	48,0	38,9	76,1	16,3	175,3	28,4	205,8	0,05
8	São Bento	322,0	40,8	16,0	27,5	19,2	101,3	5,7	82,3	0,01
9	Várzea Grande	1505,4	160,0	111,8	164,3	16,3	764,7	33,5	205,8	0,02

ND: Não Detectado.

Tabela 5.5a - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Aracati no período chuvoso (abril/2008).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Da Fruta Poço 2	548,8	4,0	62,7	53,4	22,1	334,4	28,4	36,0	ND
2	Da Fruta Poço 4	1418,7	23,8	101,2	321,8	41,3	627,5	146,3	131,9	0,01
3	Da Fruta Poço 5	572,3	17,9	7,2	159,1	34,8	99,6	101,3	131,9	0,01
4	Kralft Poço 5	269,7	ND	12,0	56,9	19,2	86,4	28,0	59,9	ND
5	Kralft Poço 2	286,6	ND	8,4	64,4	19,2	80,8	32,8	71,9	0,02

ND: Não Detectado.

Tabela 5.5b - Análises hidroquímicas de águas amostradas no município de Aracati no período seco (setembro/2008).

STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Nº	Local / Poço	Concentrações (mg/L)								
		STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe
1	Da Fruta - P2	241,6	2,4	12,1	53,4	20,6	95,5	23,6	6,3	0,01
2	Da Fruta - P4	1329,4	22,0	71,7	312,4	41,3	574,8	150,7	126,6	ND
3	Da Fruta - P5	856,9	14,0	40,1	207,6	34,8	379,9	48,7	87	ND
4	Kraft - P2	215,6	1,6	6,3	53,4	20,6	77	20,1	12,7	0,01
5	Kraft - P5	219,9	1,6	6,3	58,8	19,2	94,5	15,4	12,7	0,06

ND: Não Detectado.

Tabela 5.6 - Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Alto Santo, no período chuvoso e no período seco.
Turb: Turbidez, Dure: Dureza e CE Condutividade Elétrica

Nº	Local / Poço	Período chuvoso (abril/2008)					Período Seco (setembro/2008)				
		Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH	Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH
1	Água Apodi	0,57	ND	34,7	142	6,4	1,8	9,0	24,0	146	6,8
2	Assent. Laje Oiticica	1,04	ND	494,0	1025	7,0	2,1	12,6	1320,0	4290	7,3
*3	Assent. Groelândia	-	-	-	-	-	0,73	1,8	100,0	355	6,4
4	Francisco E. da Silva	3,45	10,8	109,1	433	6,8	0,8	10,8	12,0	152	5,7
5	Laje Oiticica	4,75	7,21	1336,0	4630	6,8	3,4	18,0	1800,0	6210	7,2
6	Lagoa Grande 2	0,52	ND	29,8	83	6,3	43,5	35,9	260,0	618	7,6
7	Rita Maria	0,59	ND	19,8	121	5,7	0,4	7,2	16,0	148	5,9

* N° 3 coletado apenas no período seco. ND: Não Detectado.

Tabela 5.7 - Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Limoeiro do Norte, no período chuvoso e no período seco.
Turb: Turbidez, Dure: Dureza e CE Condutividade Elétrica

Nº	Local / Poço	Período chuvoso (abril/2008)					Período Seco (setembro/2008)				
		Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH	Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH
1	Calbras – km 60	1,40	1,8	418,0	856	7,1	1,61	7,2	435,0	884	7,4
2	Carbomil	0,50	ND	428,0	967	7,0	0,80	ND	465,0	1144	7,5
3	Comunidade km 60 – Assoc.	0,56	ND	481,1	1060	7,1	0,39	ND	390,0	913	7,5
4	Comunidade km 60Sebastião	7,50	18,0	400,0	1004	7,0	0,90	9,0	460,0	876	7,2
5	Comunidade Sucupira	0,83	ND	496,0	910	7,2	0,51	1,8	405,0	802	7,5
6	Tomé – José Maria Filho	0,54	3,6	500,0	1447	7,2	0,51	3,6	490,0	1324	7,1
7	Tomé Fco. Aduino Neto	0,63	ND	510,9	1337	7,2	0,42	10,8	475,0	1282	7,2
8	Lagoa do Rocha LIM 24	7,40	12,6	4500,0	12350	7,9	0,94	25,2	5600,0	14810	6,9
9	Lagoa do Rocha LIM 26	59,50	1,8	2560,0	7020	7,9	5,47	25,2	2610,0	8200	7,1

ND: Não Detectado.

Tabela 5.8 - Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Quixeré, no período chuvoso e no período seco.
Turb: Turbidez, Dure: Dureza e CE Condutividade Elétrica

Nº	Local / Poço	Período chuvoso (abril/2008)					Período Seco (setembro/2008)				
		Turb (uT)	Cor (uH)	Dureza (mg/L)	CE (µS/cm)	pH	Turb (uT)	Cor (uH)	Dureza (mg/L)	CE (µS/cm)	pH
1	Airlon Gonçalves	4,06	5,41	460,0	1730	7,2	0,72	10,8	475,0	1409	7,2
2	Angel Agrícola – B1	0,83	9,02	446,4	1214	7,0	0,50	7,2	210,0	1134	7,7
3	Balneário Leomar - Tobogã	0,80	ND	532,0	1528	7,1	0,30	1,8	280,0	1365	7,8
4	Balneário Leomar –Trampolim	1,00	ND	552,0	1426	7,1	0,40	ND	265,0	1211	7,6
5	Bessa	0,81	ND	835,8	2060	7,0	0,30	1,8	395,0	1624	7,2
6	Bessa	0,85	ND	649,8	1786	7,0	0,40	3,6	470,0	1847	7,1
7	Comunidade Ubaia	0,69	ND	545,6	1742	7,1	0,40	5,4	220,0	1176	7,3
8	Delmont – P8	0,51	ND	615,0	1807	7,1	0,30	16,2	590,0	1390	7,2
9	Delmont – P9	0,62	ND	496,0	1213	7,4	0,35	12,6	600,0	2020	7,5
10	Delmont – 10	2,72	ND	535,7	1733	7,3	0,40	7,2	450,0	1608	7,4
11	Delmont – P16	55,4	254,5	552,0	1390	7,3	0,40	12,6	365,0	1367	7,5
12	Delmont – P23	17,2	71,5	580,3	1923	7,1	0,40	7,2	425,0	1665	7,4
13	Fruta Cor – Boa esperança	0,85	ND	818,4	2130	7,1	0,40	ND	370,0	1613	7,3
14	Fruta Cor – Boa esperança	0,66	ND	897,8	2260	6,9	0,30	ND	590,0	2170	7,5
15	Fruta Cor – Cercado do Meio –1	0,60	ND	634,9	1554	7,6	0,43	3,6	480,0	1249	7,5
16	Fruta Cor – Cercado do Meio –2	2,57	ND	803,5	2070	7,3	0,36	1,8	630,0	1809	7,7
*17	Fruta Cor – Cercado do Meio –3	1,38	ND	753,9	2220	7,5	-	-	-	-	-
18	Fruta Cor – Cercado do Meio –4	3,60	ND	505,9	1735	7,0	0,36	3,6	575,0	1609	7,1
19	JS Sallout – P1	5,78	ND	729,1	2140	7,3	0,45	1,8	625,0	1726	7,1
20	JS Sallout – P2	1,90	ND	843,2	2250	7,0	0,41	3,6	560,0	1610	7,3
*21	JS Sallout – P3	2,93	ND	803,5	2120	7,3	-	-	-	-	-
22	JS Sallout – P5	0,75	ND	967,2	2540	7,0	0,58	12,6	545,0	1484	7,2
23	JS Sallout – P6	0,78	ND	126,7	2480	7,5	1,54	5,4	665,0	1740	7,1

Continuação da Tabela 5.8

N ^o	Local / Poço	Período chuvoso (abril/2008)					Período Seco (setembro/2008)				
		Turb (uT)	Cor (uH)	Dureza (mg/L)	CE (µS/cm)	pH	Turb (uT)	Cor (uH)	Dureza (mg/L)	CE (µS/cm)	pH
24	Lagoinha – SAAE	0,43	ND	588,0	1725	7,2	0,35	5,4	550,0	1415	7,1
25	Mila Agrícola – P A	2,45	7,2	505,9	1413	6,9	0,40	12,6	360,0	1225	7,2
26	Mila Agrícola – P B	2,45	1,8	528,8	1280	7,2	0,40	5,4	315,0	1152	7,5
27	WG Fruticultura – P1	0,87	ND	704,3	1803	7,0	0,36	ND	525,0	1392	7,3
28	WG Fruticultura – P2	0,68	ND	659,7	1791	7,3	0,35	10,8	500,0	1389	7,4
29	WG Fruticultura – P3	0,69	ND	699,4	1975	7,0	0,30	12,6	520,0	1422	7,3
30	WG Fruticultura – P5	2,59	ND	540,6	1584	7,4	0,31	ND	500,0	1358	7,0
31	WG Fruticultura - P7	1,10	ND	560,5	1435	7,4	0,31	5,4	515,0	1469	7,5

* Os poços de N^{os} 17 e 21 não foram coletados no período seco. ND: Não Detectado.

Tabela 5.9 - Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Tabuleiro do Norte, no período chuvoso e no período seco.
Turb: Turbidez, Dure: Dureza e CE Condutividade Elétrica

Nº	Local / Poço	Período chuvoso (abril/2008)					Período Seco (setembro/2008)				
		Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH	Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH
1	Alto do Mariano	2,00	ND	512,0	1708	7,3	0,64	ND	510,0	1567	7,0
2	Alto do Mendes	0,72	ND	280,0	708	7,6	0,42	5,41	228,0	665	7,7
3	Gangorinha	1,00	ND	518,0	1108	7,2	0,72	9,02	740,0	2440	7,3
4	Gangorinha	1,00	ND	274,0	859	7,4	0,62	5,41	210,0	897	7,5
5	Lagoa do Meio	153,00	543,4	346,0	1161	6,2	8,87	30,57	710,0	2000	6,3
6	Olho d'água da Bica	0,72	ND	563,0	1199	7,3	0,53	5,41	310,0	918	7,4
7	Olho d'água da Bica	0,82	ND	398,0	1028	7,1	0,40	7,21	280,0	1041	7,5
8	São Bento	0,69	ND	213,3	256	6,6	0,34	5,41	168,0	488	7,1
9	Várzea Grande	0,64	ND	984,0	2080	7,3	0,37	18,01	860,0	2720	7,5

ND: Não Detectado.

Tabela 5.10 - Parâmetros físicos e químicos de amostras do município de Aracati, no período chuvoso e no período seco.
Turb: Turbidez, Dure: Dureza e CE Condutividade Elétrica

Nº	Local / Poço	Período chuvoso (abril/2008)					Período Seco (setembro/2008)				
		Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH	Turb (uT)	Cor (uH)	Dure (mg/L)	CE (µS/cm)	pH
1	Da Fruta - P2	0,50	ND	267,8	507	5,2	0,38	ND	56,0	403	4,9
2	Da Fruta - P4	0,43	ND	476,2	2690	5,8	0,37	1,8	350,0	2140	6,1
3	Da Fruta - P5	0,50	ND	74,4	1780	5,7	0,59	3,6	200,0	1425	6,0
4	Kraft - P2	0,56	ND	34,7	860	5,0	0,56	ND	30,0	383	5,3
5	Kraft - P5	0,43	ND	49,6	433	5,0	0,47	7,2	30,0	387	5,1

ND: Não Detectado.

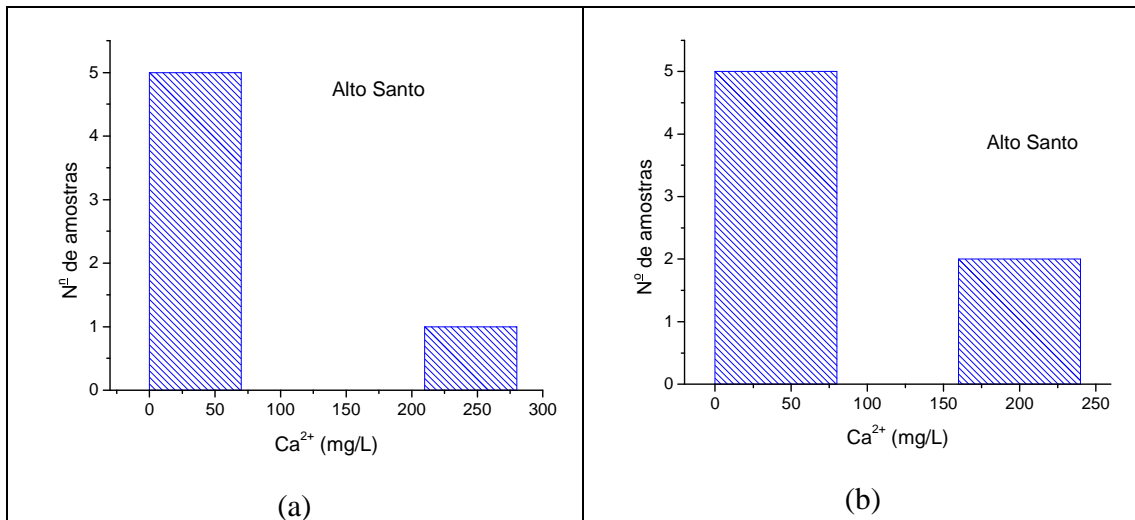


Figura 5.1a - Concentrações de *cálcio* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Alto Santo, as concentrações de cálcio foram mais baixas do que no período seco (b).

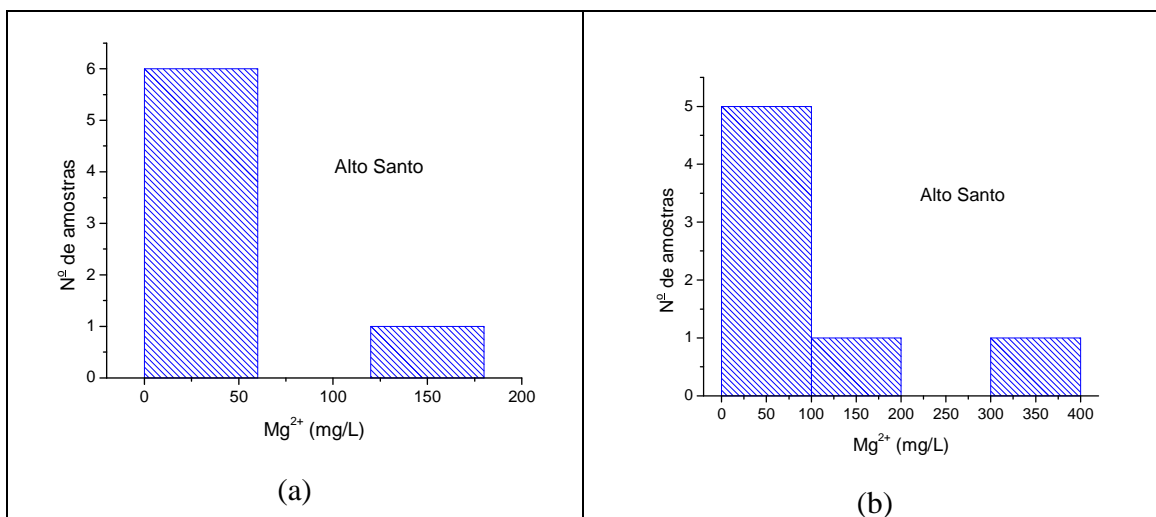


Figura 5.1b - Concentrações de *magnésio* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Alto Santo, as águas apresentaram concentrações de magnésio mais baixas do que no período seco (b).

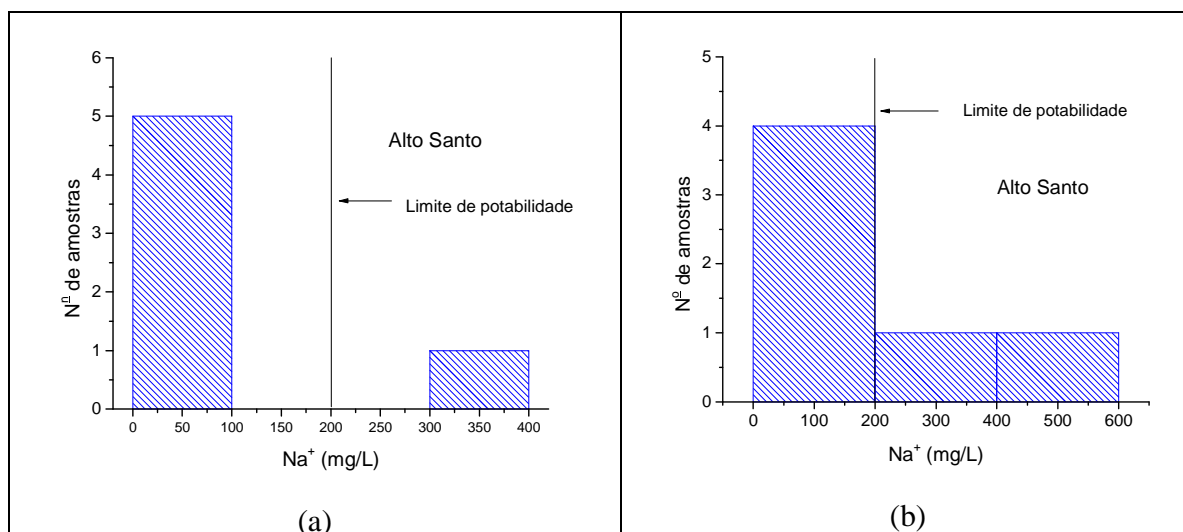


Figura 5.1c - Concentrações de *sódio* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Alto Santo, as águas apresentaram concentrações de sódio mais baixas do que no período seco (b), apresentando 01 amostra fora dos padrões de potabilidade para sódio no período chuvoso e 02 no período seco.

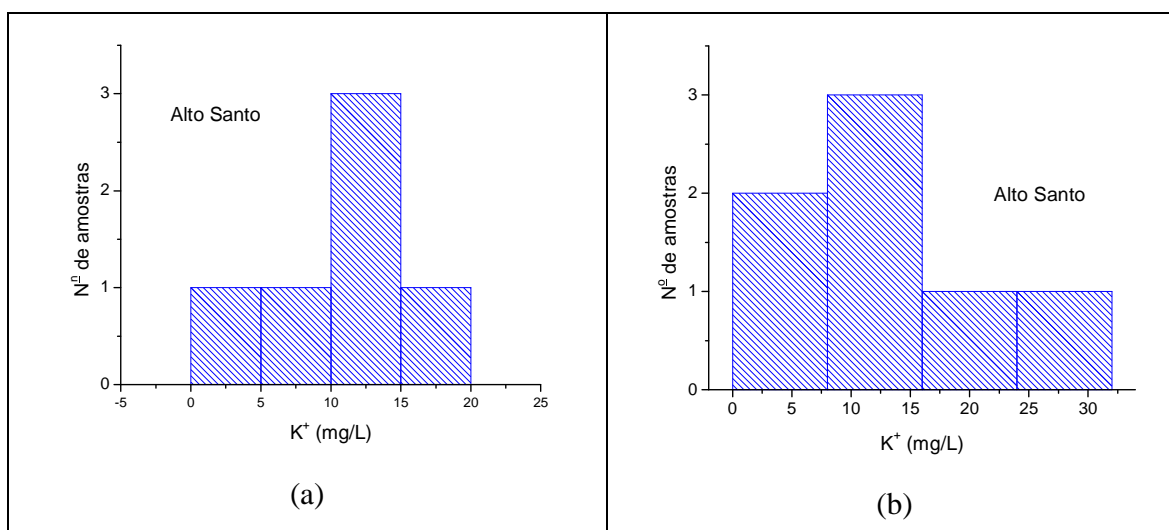


Figura 5.1d - Concentrações de *potássio* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

As concentrações de potássio no período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Alto Santo, são mais baixas do que as concentrações no período seco (b).

5.1.1.2 Concentrações dos cátions em amostras de água subterrânea de Limoeiro do Norte

As distribuições das concentrações de cátions em amostras de água subterrânea do município de Limoeiro do Norte no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.2a, 5.2b, 5.2c e 5.2d mostram as distribuições de cálcio, magnésio, sódio e potássio respectivamente.

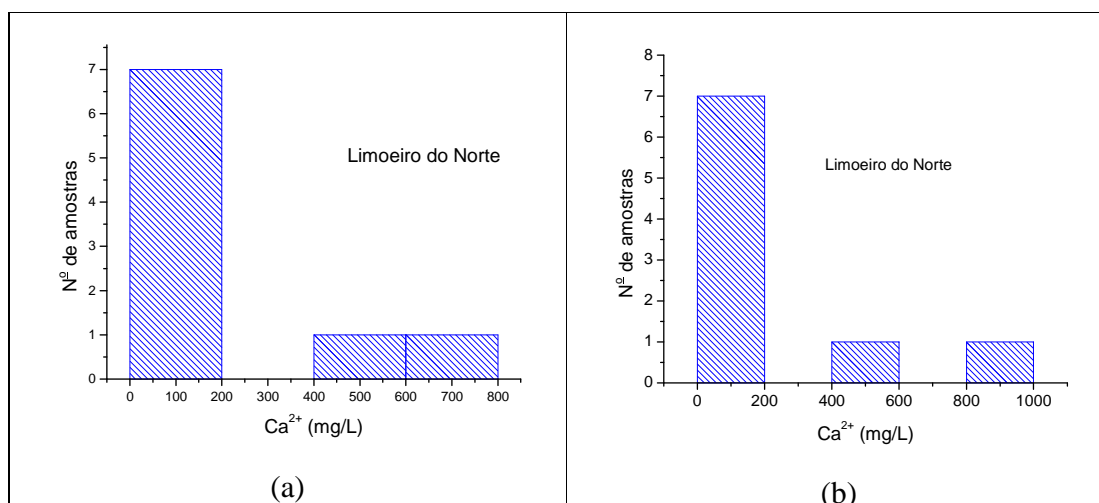


Figura 5.2a - Concentrações de cálcio em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de cálcio mais baixas do que no período seco (b).

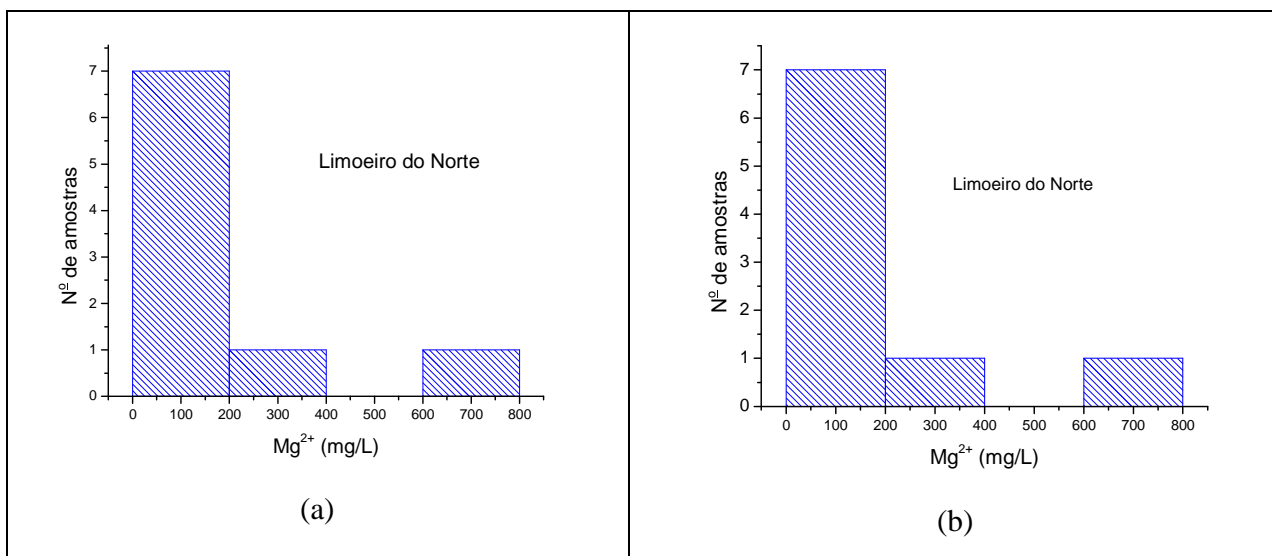


Figura 5.2b - Concentrações de *magnésio* em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de magnésio da mesma ordem que no período seco (b).

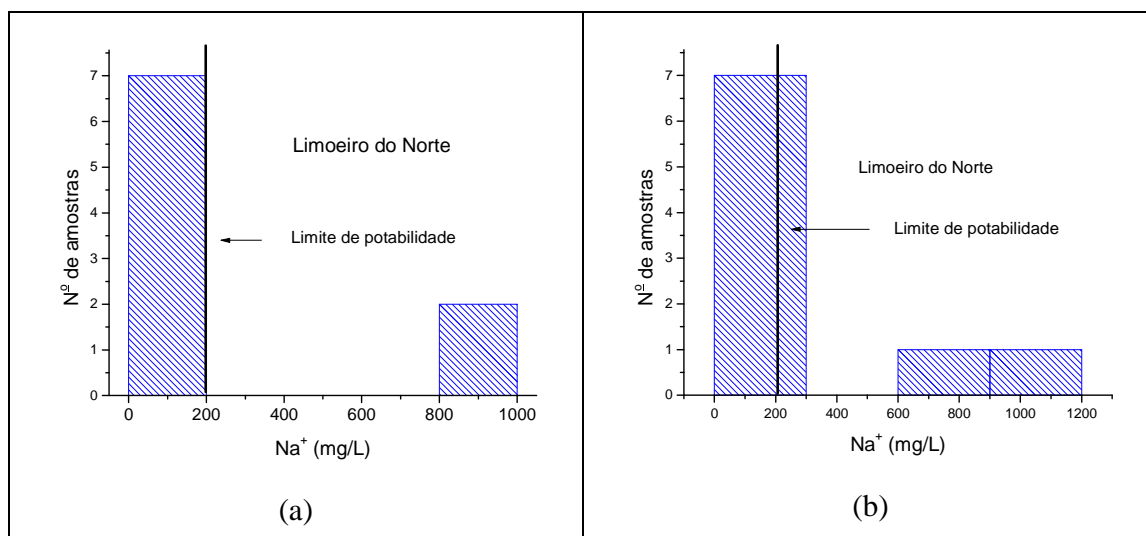


Figura 5.2c - Concentrações de *sódio* em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de sódio mais baixas do que no período seco (b), apresentando 02 amostras não potáveis nos dois períodos.

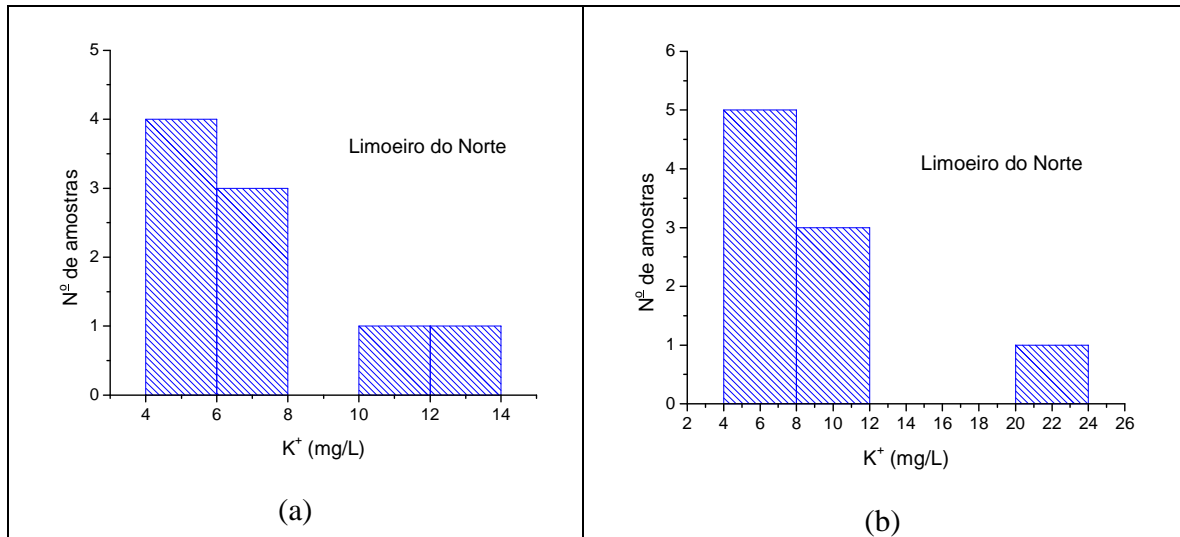


Figura 5.2d - Concentrações de *potássio* em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de potássio mais baixas do que no período seco (b).

5.1.1.3 Concentrações dos cátions em amostras de água subterrânea de Quixeré

As distribuições estatísticas das concentrações de cátions em amostras do município de Quixeré no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.3a, 5.3b, 5.3c e 5.3d mostram as distribuições de cálcio, magnésio, sódio e potássio, respectivamente.

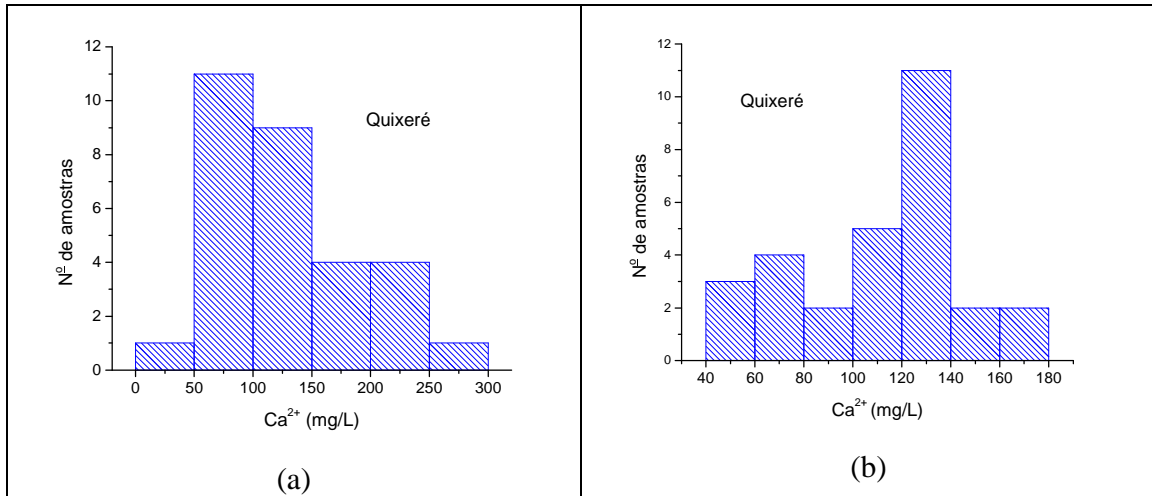


Figura 5.3a - Concentrações de *cálcio* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Quixeré, as concentrações de cálcio foram mais altas do que no período seco (b).

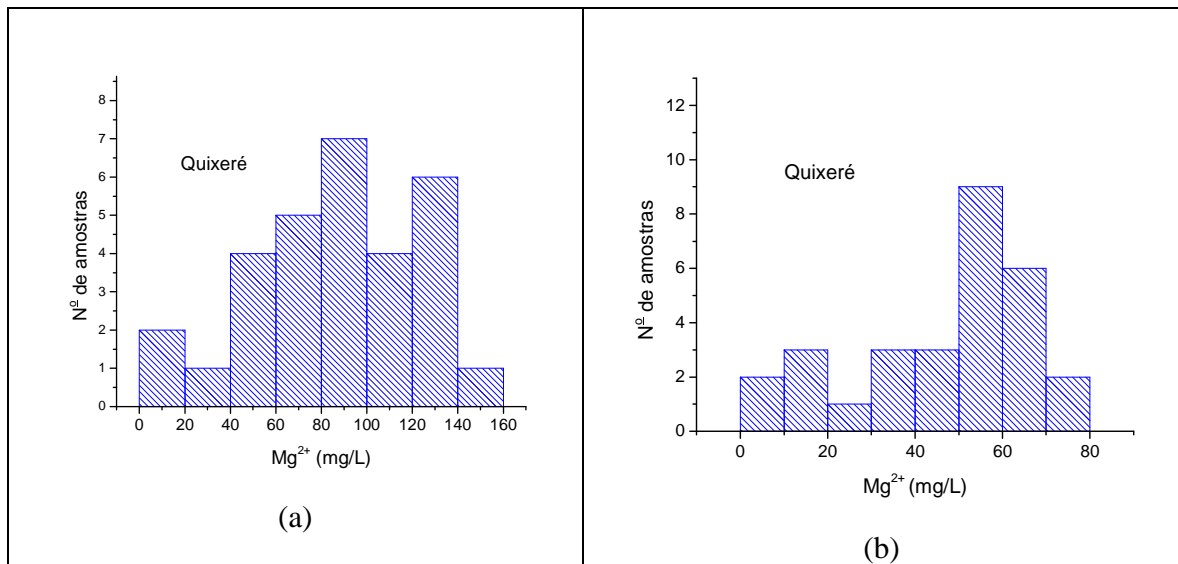


Figura 5.3b - Concentrações de *magnésio* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) primeira coleta. (b) segunda coleta.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Quixeré, as águas apresentaram concentrações de magnésio mais altas do que no período seco (b).

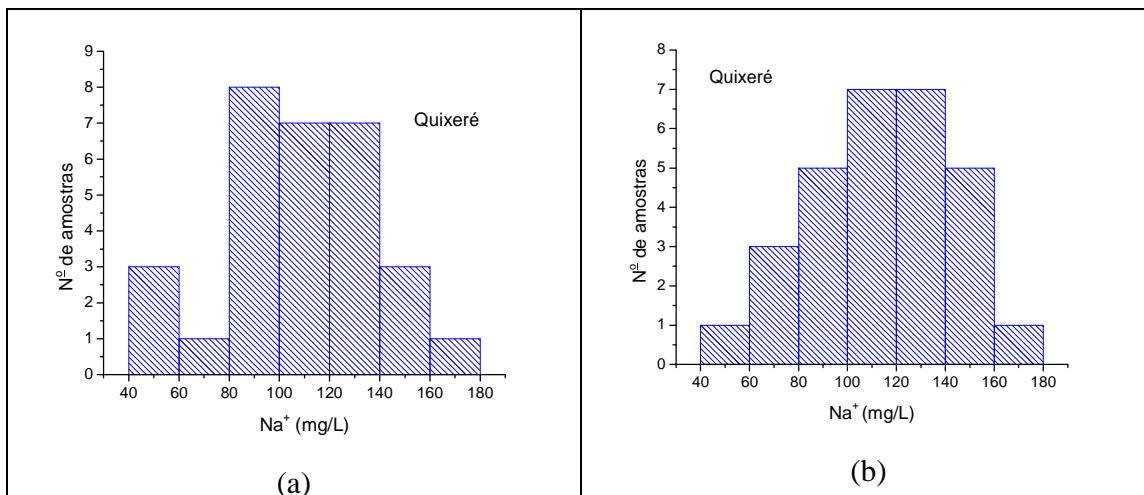


Figura 5.3c - Concentrações de *sódio* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

As concentrações de sódio no período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Quixeré pouco variaram em relação ao período seco (b), não apresentando nenhuma amostra fora dos padrões de potabilidade.

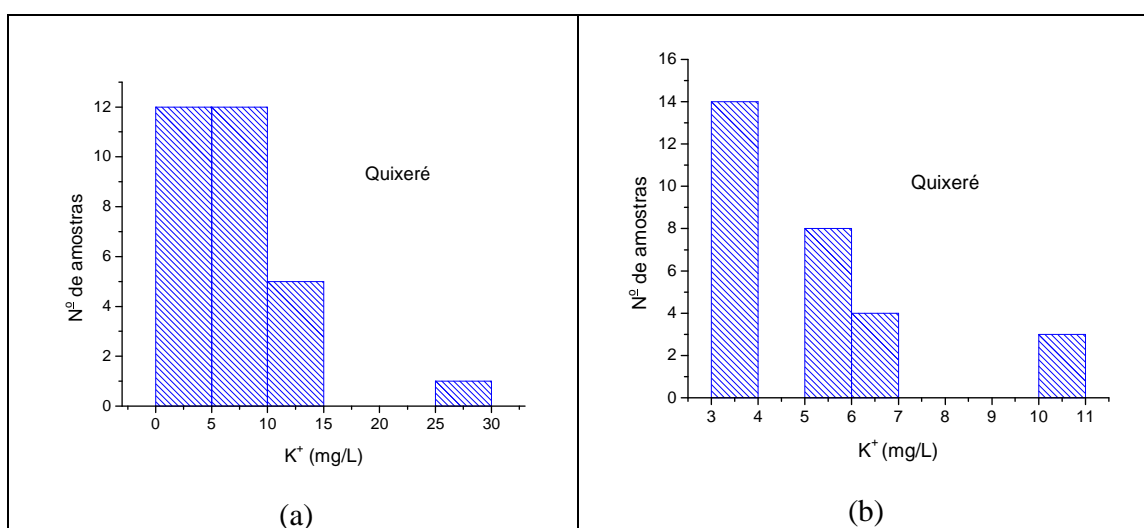


Figura 5.3d - Concentrações de *potássio* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Quixeré, as águas apresentaram concentrações de potássio mais altas do que no período seco (b).

5.1.1.4 Concentrações de cátions em amostras de água subterrânea de Tabuleiro do Norte

As distribuições estatísticas das concentrações de cátions em amostras do município de Tabuleiro do Norte no período chuvoso (a) e no período seco (b) coleta estão mostradas a seguir: as figuras 5.4a, 5.4b, 5.4c e 5.4d mostram as distribuições de cálcio, magnésio, sódio e potássio, respectivamente.

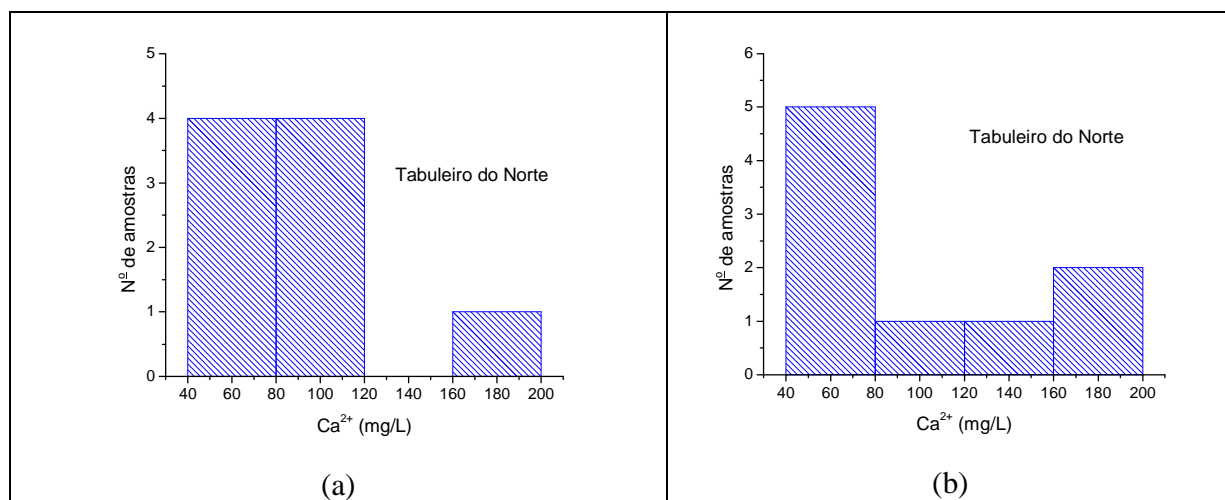


Figura 5.4a - Concentrações de cálcio em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

As concentrações de cálcio no período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte pouco variaram em relação ao período seco (b).

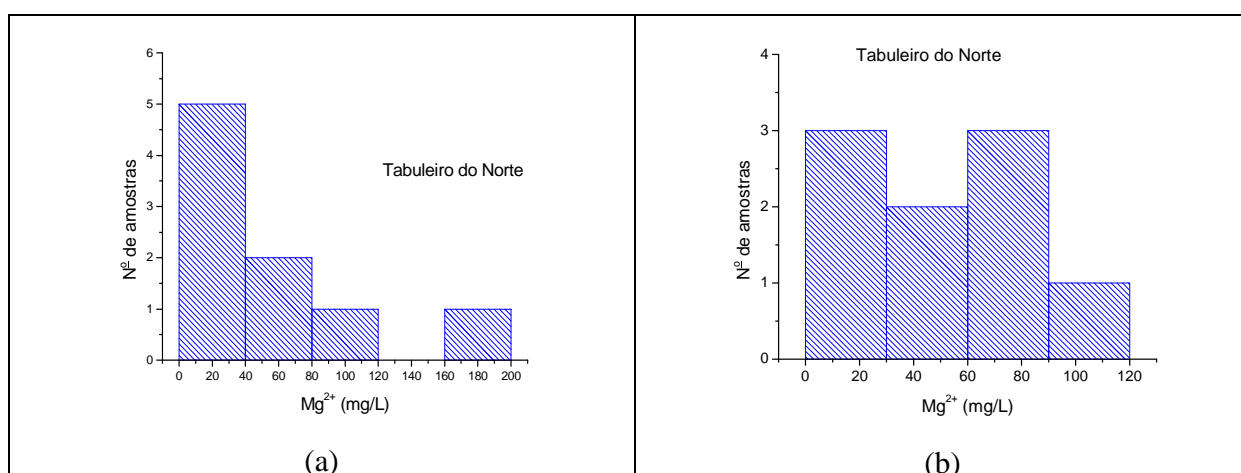


Figura 5.4b - Concentrações de magnésio em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de magnésio mais altas do que no período seco (b).

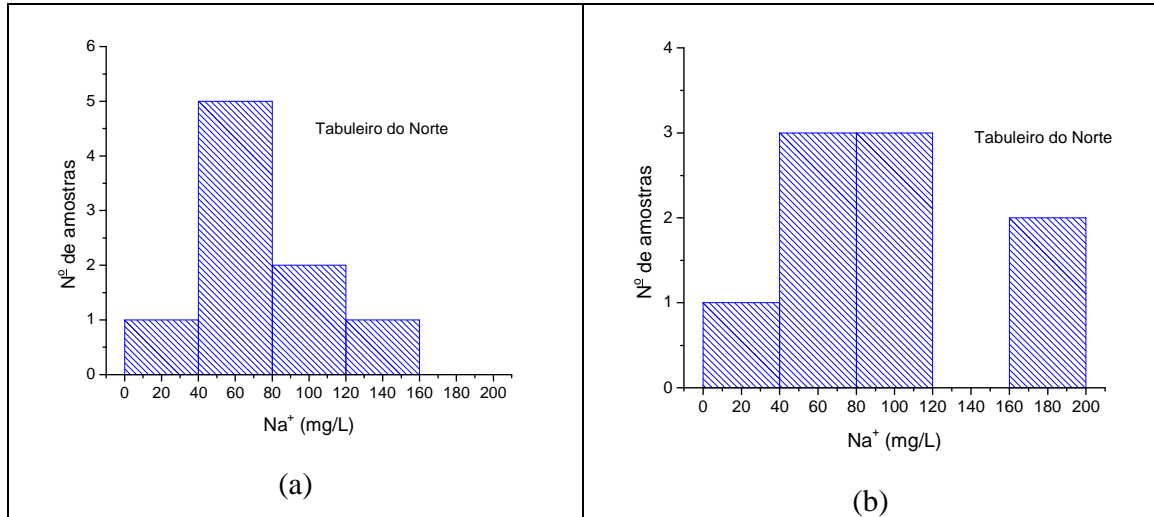


Figura 5.4c - Concentrações de *sódio* em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de sódio mais baixas do que no período seco (b), não apresentando nenhuma amostra fora dos padrões de potabilidade.

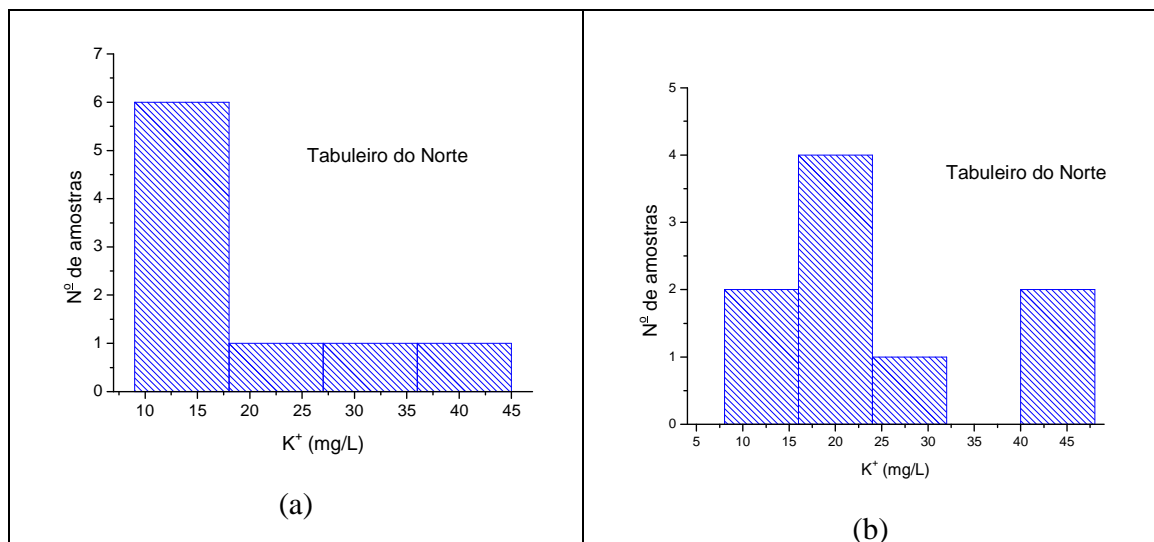


Figura 5.4d - Concentrações de *potássio* em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

As concentrações de potássio no período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte pouco variaram em relação ao período seco (b).

5.1.1.5 Concentrações de cátions em amostras de água subterrânea de Aracati

As distribuições estatísticas das concentrações de cátions em amostras de água subterrânea do município de Aracati no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.5a, 5.5b, 5.5c e 5.5d mostram as distribuições de cálcio, magnésio, sódio e potássio, respectivamente.

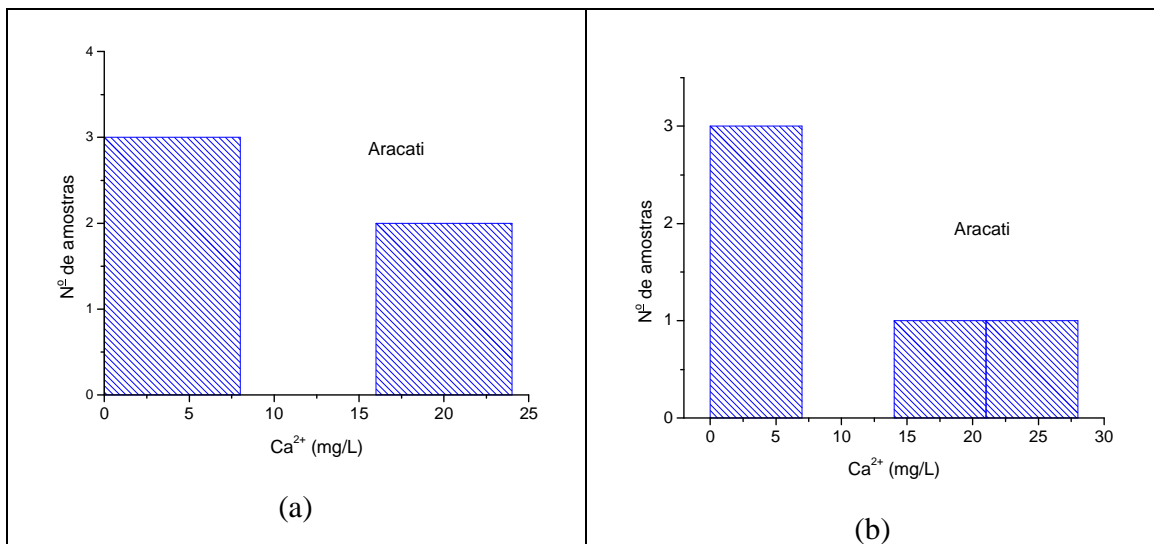


Figura 5.5a - Concentrações de *cálcio* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Aracati, as concentrações de cálcio foram da mesma ordem do período seco (b).

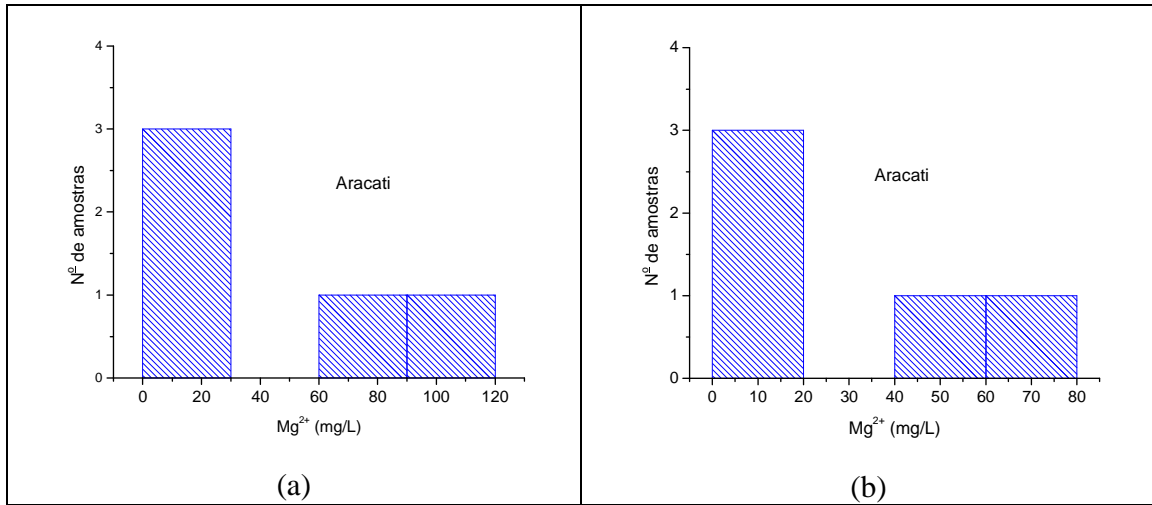


Figura 5.5b - Concentrações de *magnésio* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Aracati, as águas apresentaram concentrações de magnésio mais altas do que no período seco (b).

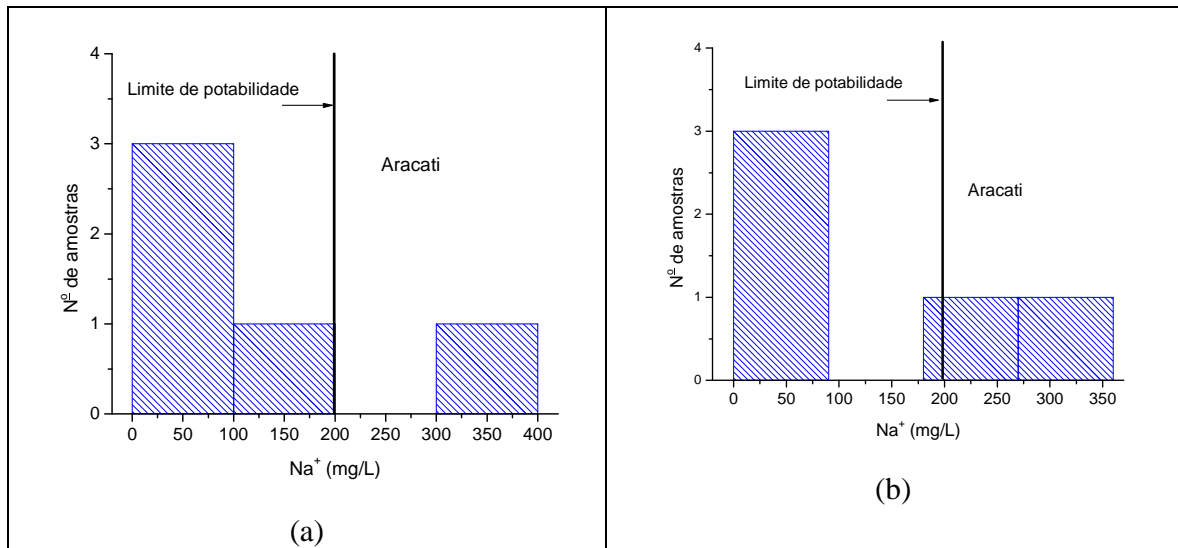


Figura 5.5c - Concentrações de *sódio* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Aracati, as águas apresentaram concentrações de sódio da mesma ordem do período seco (b), apresentando 01 amostra não potável no período chuvoso e 02 no período seco.

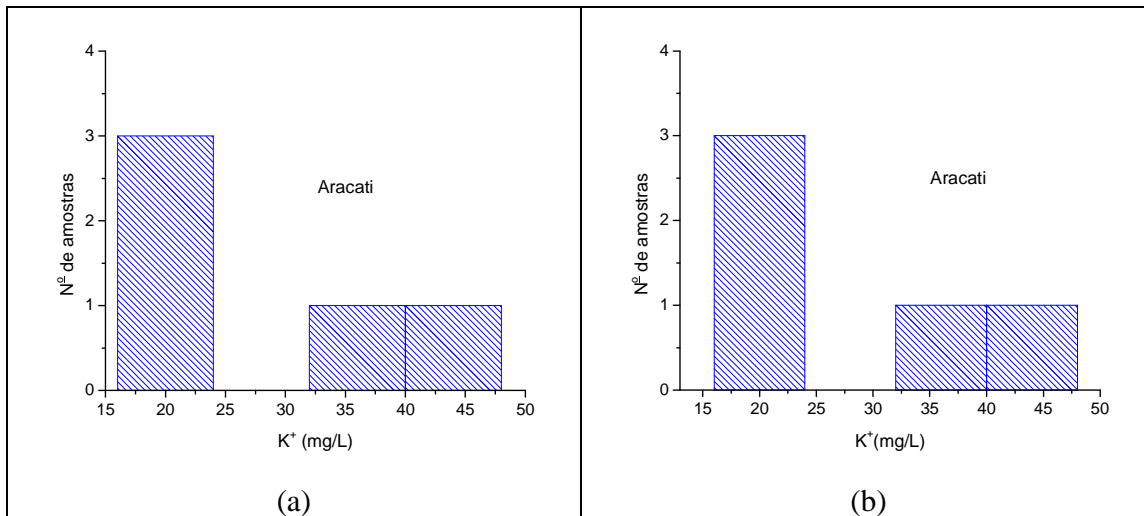


Figura 5.5d - Concentrações de *potássio* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

As concentrações de potássio no período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Aracati, pouco variaram em relação ao período seco (b).

5.1.2 Dureza

As figuras 5.6 a 5.10 mostram a comparação entre os valores de dureza nos períodos chuvoso e seco para amostras dos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré, Tabuleiro do Norte e Aracati, respectivamente. No município de Alto Santo, das seis amostras, três apresentaram dureza menor durante o período chuvoso (Figura 5.6). Das nove amostras coletadas em Limoeiro do Norte, cinco apresentaram dureza menor durante o período chuvoso (Figura 5.7). Nos 30 poços situados no município de Quixeré, com exceção dos quatro poços P1, P8, P17 e P22 (Figura 5.8) as amostras apresentaram dureza maior no período chuvoso. Das nove amostras coletadas em Tabuleiro do Norte somente duas delas apresentaram valores de dureza menores durante o período chuvoso (Figura 5.9).

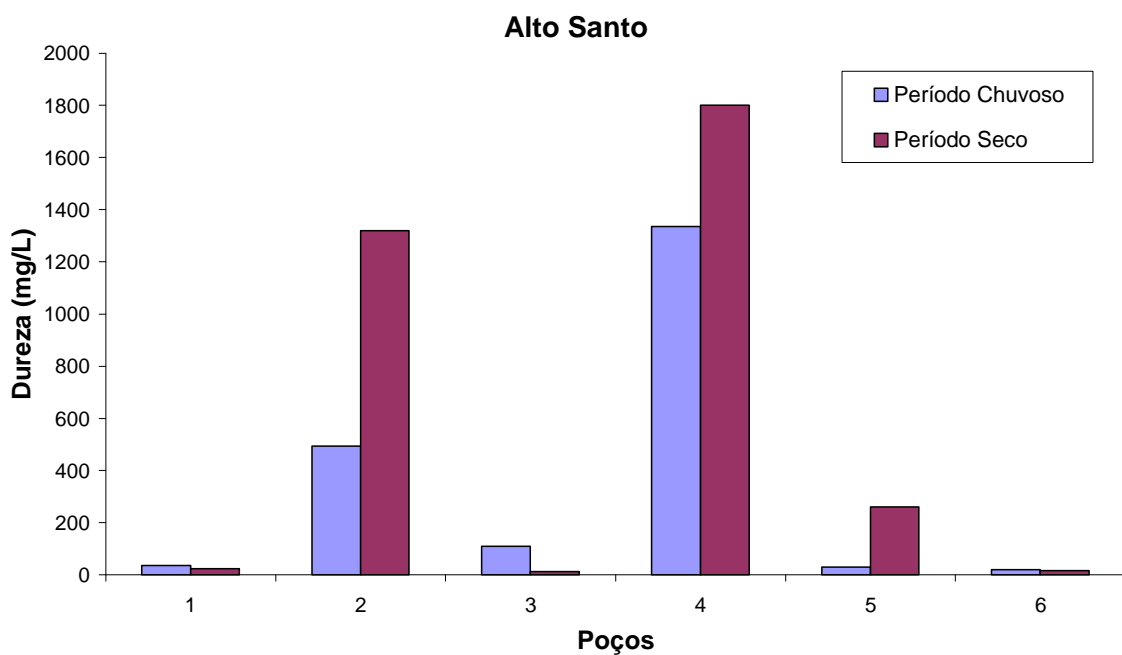


Figura 5.6. Dureza das amostras do município de Alto Santo nas duas coletas.

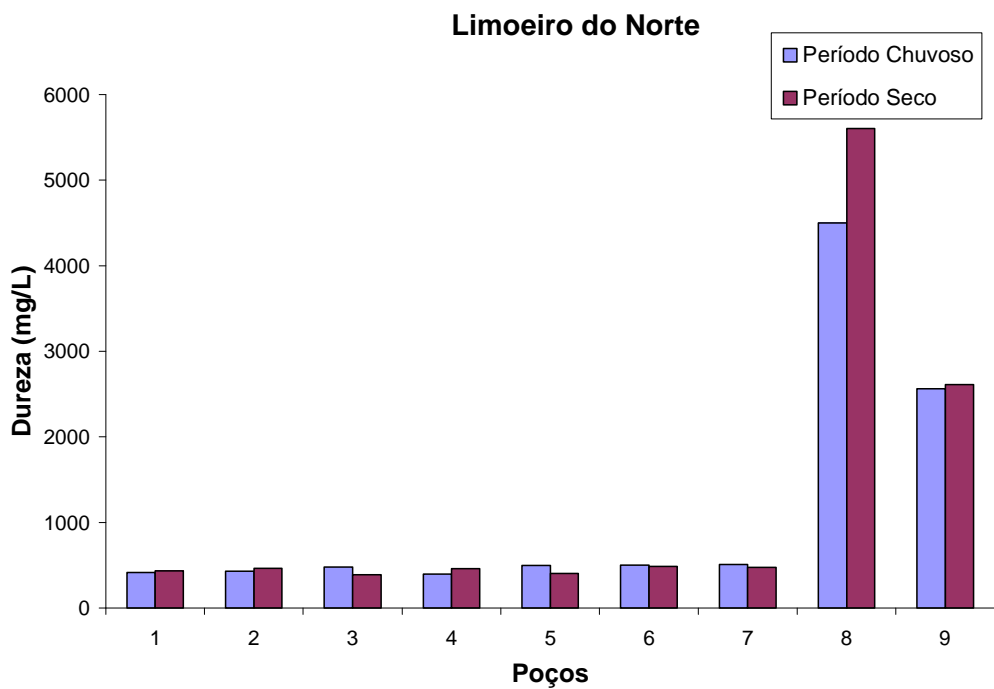


Figura 5.7. Dureza das amostras do município de Limoeiro do Norte nas duas coletas.

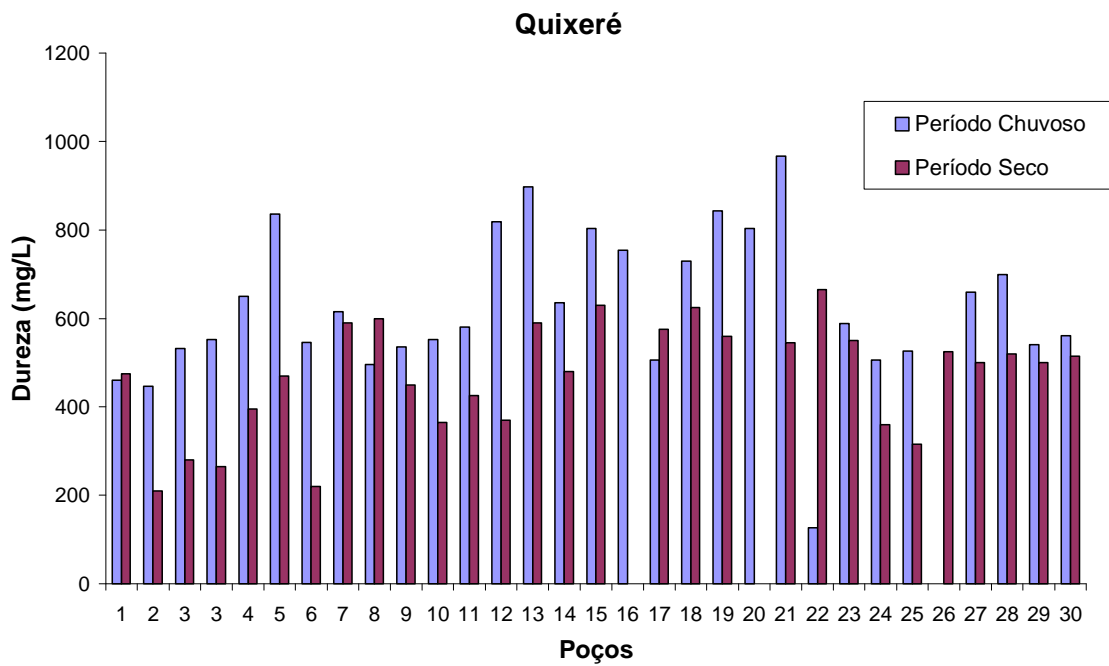


Figura 5.8. Dureza das amostras do município de Quixeré nas duas coletas.

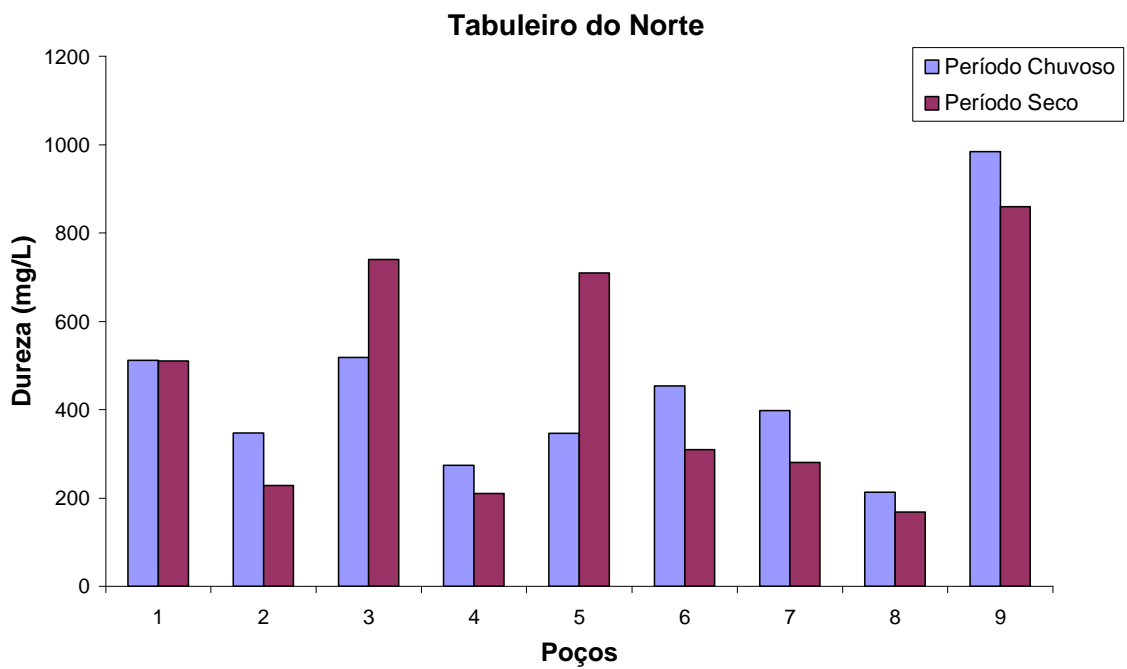


Figura 5.9. Dureza das amostras do município de Tabuleiro do Norte nas duas coletas.

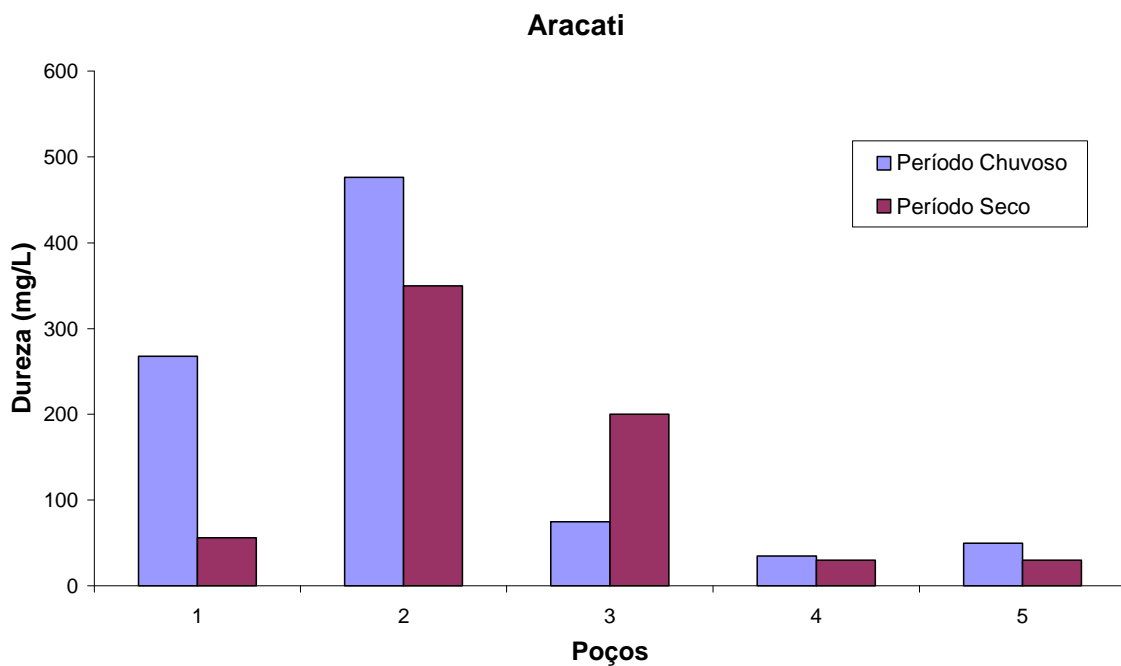


Figura 5.10. Dureza das amostras do município de Aracati nas duas coletas.

Em Aracati, município situado fora da Chapada do Apodí, das amostras de cinco poços coletadas durante o período chuvoso e durante o período seco, somente uma apresentou dureza menor no período seco.

5.1.3. Ferro

A Figura 5.11 apresenta a concentração de ferro total em amostras de água subterrânea no município de Alto Santo, (a) período chuvoso e (b) período seco. As concentrações no período chuvoso são mais altas do que no período seco, apresentando no período chuvoso 02 amostras fora dos padrões de potabilidade.

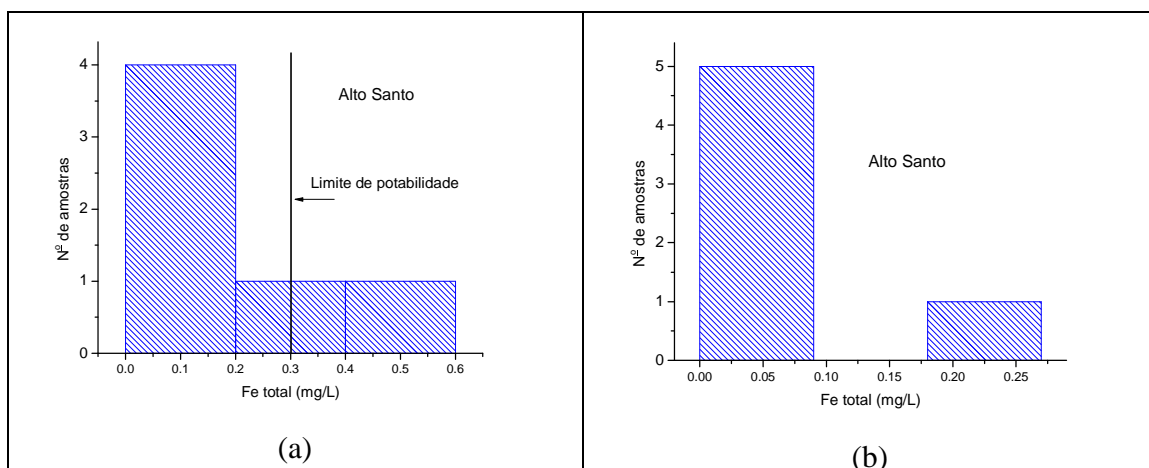


Figura 5.11. Concentração de ferro em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

A Figura 5.12 apresenta a concentração de ferro total em amostras de água subterrânea no município de Limoeiro do Norte, (a) período chuvoso e (b) período seco. As concentrações de ferro no período chuvoso são mais altas do que no período seco, apresentando no período chuvoso 01 amostra fora dos padrões de potabilidade.

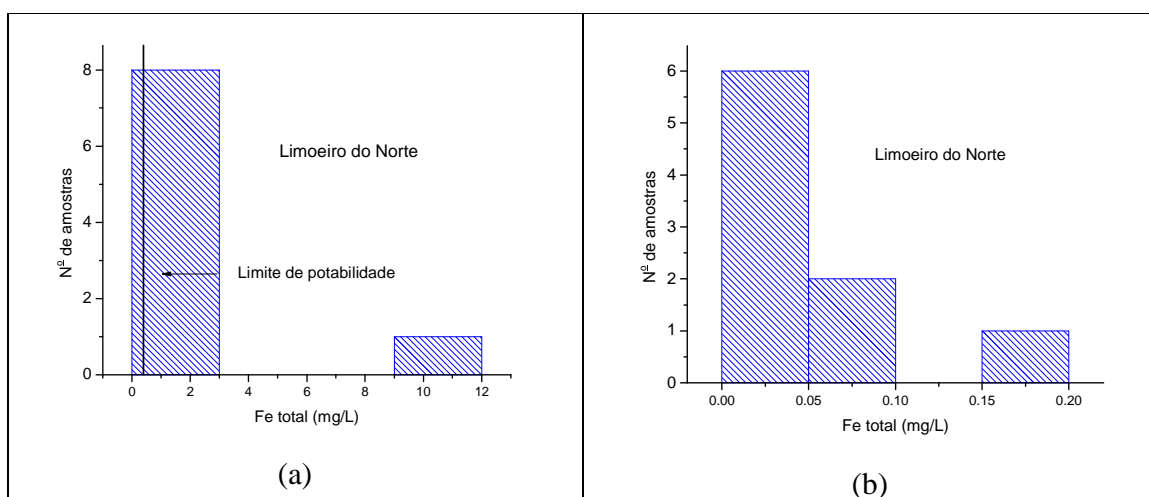


Figura 5.12. Concentração de ferro em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

A Figura 5.13 apresenta a concentração de ferro total para amostras de água subterrânea no município de Quixeré, (a) período chuvoso e (b) período seco. As

concentrações de ferro no período chuvoso são mais altas do que no período seco, apresentando no período chuvoso 02 amostras fora dos padrões de potabilidade.

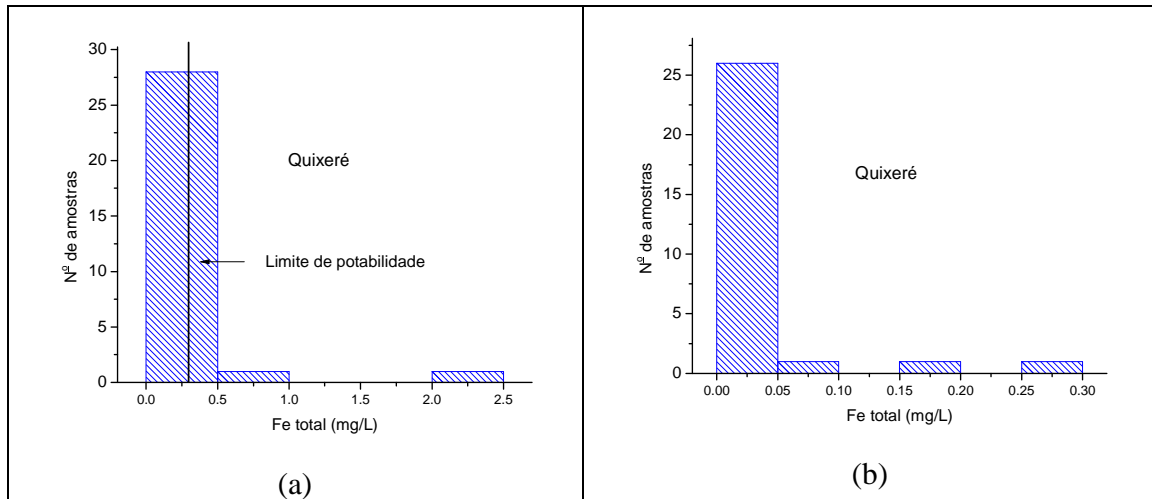


Figura 5.13. Concentração de ferro em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

A Figura 5.14 apresenta a concentração de ferro total para amostras de águas subterrâneas no município de Tabuleiro do Norte, (a) período chuvoso e (b) período seco. As concentrações de ferro no período chuvoso são mais altas do que no período seco, apresentando em cada o período 01 amostra fora dos padrões de potabilidade.

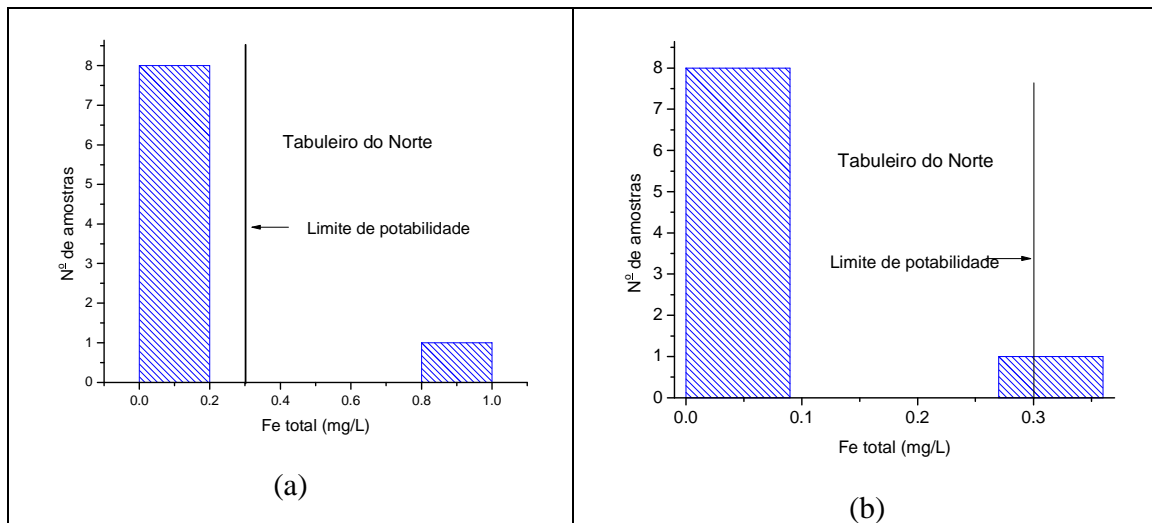


Figura 5.14. Concentração de ferro em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

A concentração de ferro total para as cinco amostras de água subterrânea no município de Aracati permaneceu aproximadamente constante e nas duas coletas nenhum valor está fora dos padrões de potabilidade.

5.1.4. Concentração de ânions

5.1.4.1. Concentrações de ânions em amostras de água subterrânea de Alto Santo

As distribuições estatísticas das concentrações de ânions em amostras do município de Alto Santo no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.15a, b e c mostram as distribuições de cloreto, sulfato e bicarbonato, respectivamente.

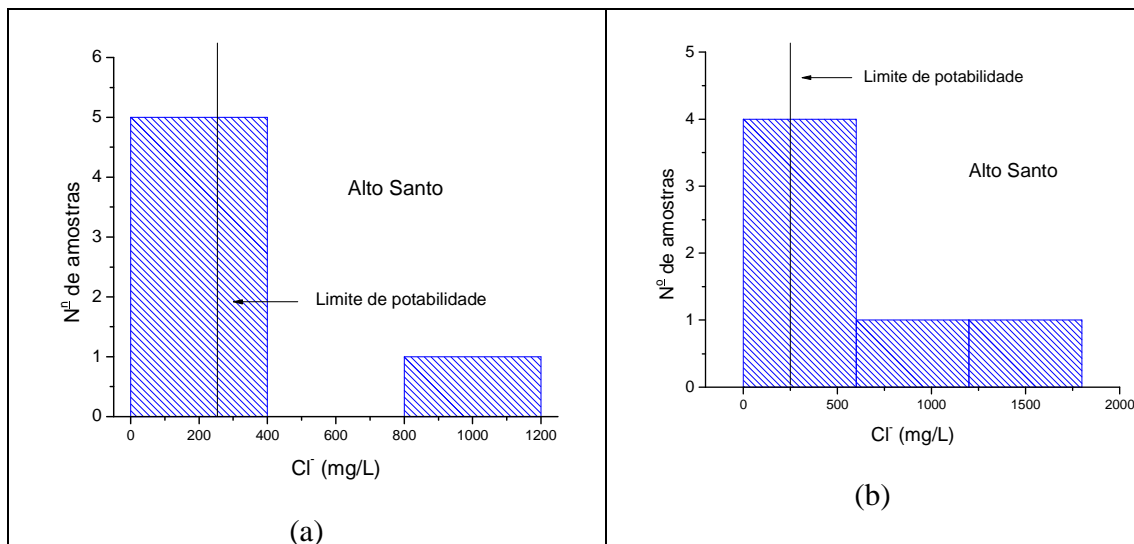


Figura 5.15a - Concentrações de *cloretos* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Alto Santo, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de cloreto mais baixas do que no período seco (b), apresentando 01 amostra não potável no período chuvoso e 02 no período seco.

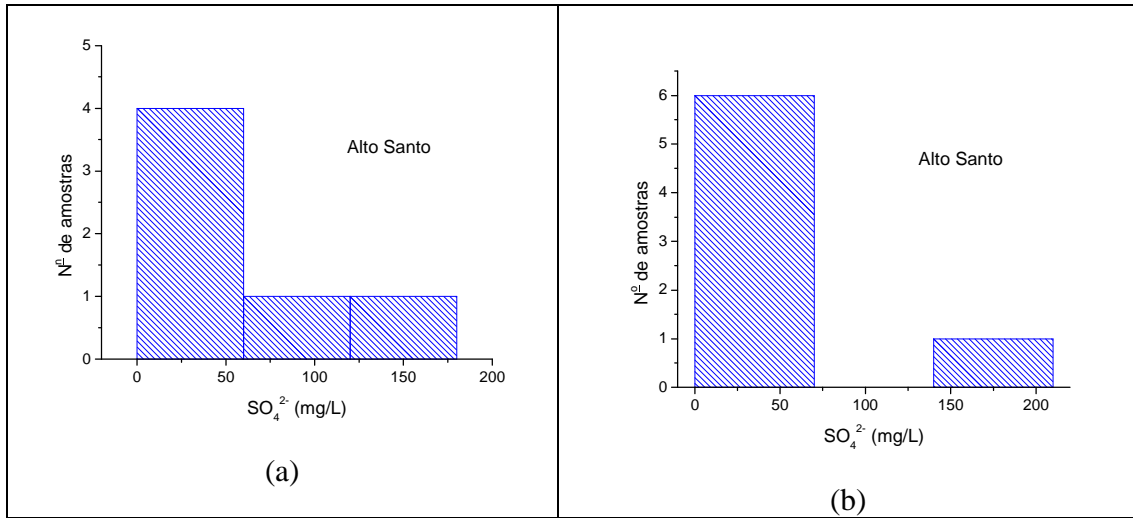


Figura 5.15b - Concentrações de *sulfatos* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Alto Santo, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de sulfato da ordem do período seco (b).

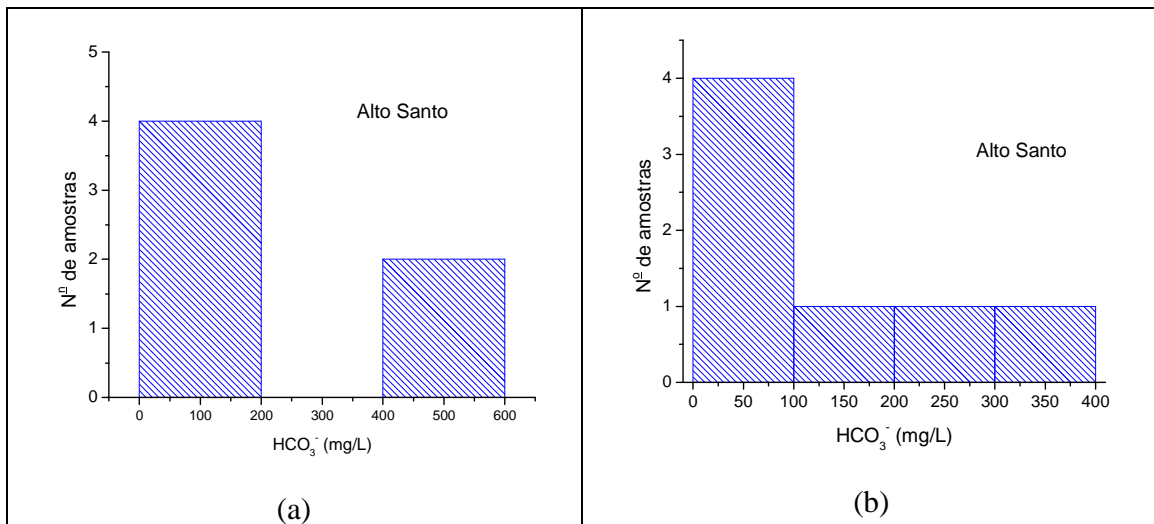


Figura 5.15c - Concentrações de *bicarbonatos* em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Alto Santo, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de bicarbonato mais altas do que no período seco (b).

5.1.4.2. Concentração de ânions em amostras de água subterrânea de Limoeiro do Norte

As distribuições estatísticas das concentrações de ânions em amostras do município de Limoeiro do Norte no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.16a, b e c mostram as distribuições de cloreto, sulfato e bicarbonato, respectivamente.

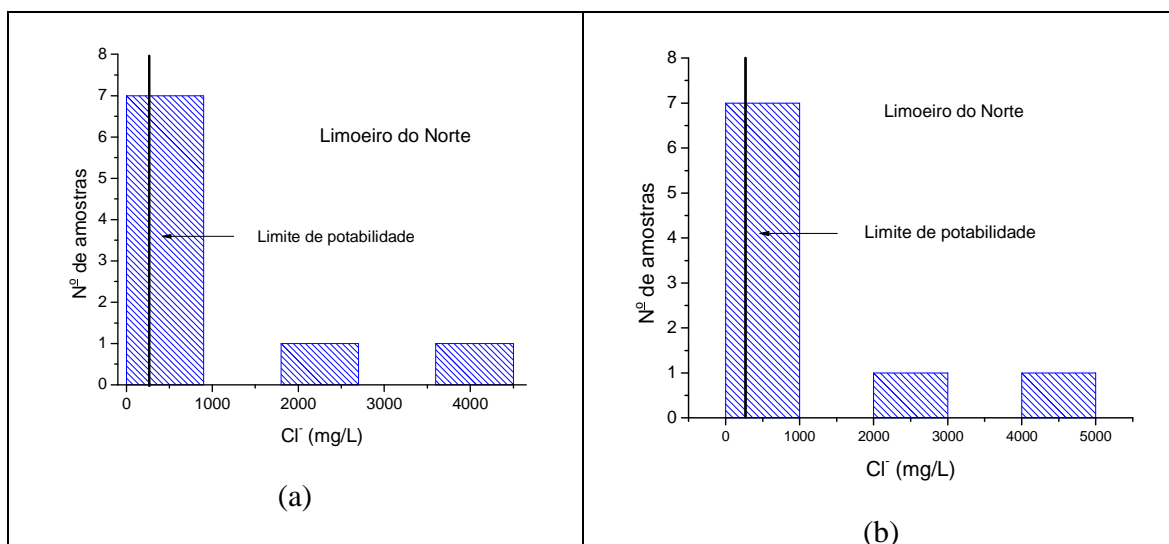


Figura 5.16a - Concentrações de *cloretos* em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de cloreto mais baixas do que o período seco (b), apresentando 02 amostras não potáveis no período chuvoso e 04 no período seco.

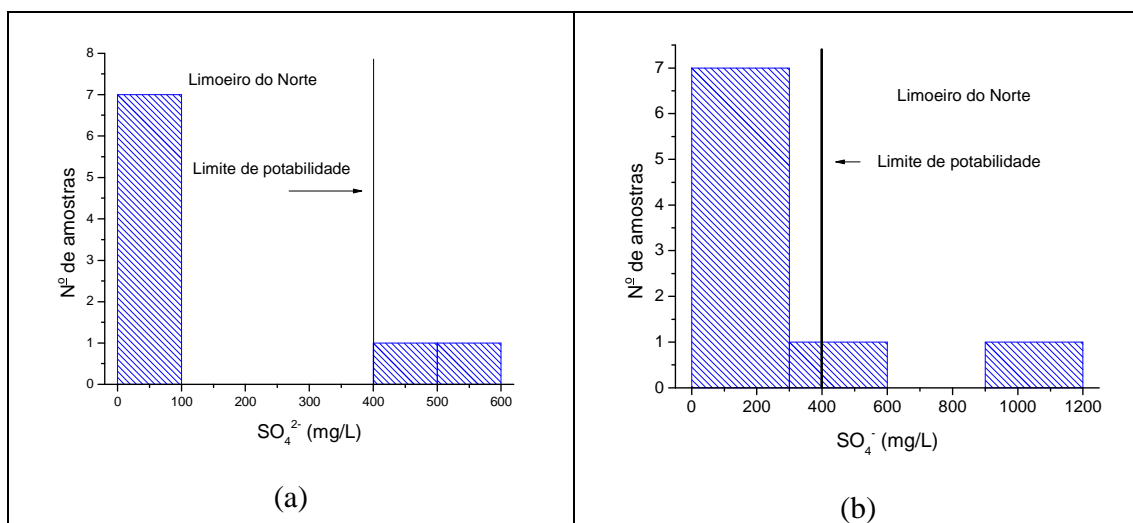


Figura 5.16b - Concentrações de *sulfatos* em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), nas amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte, as águas apresentaram concentrações de sulfato mais baixas do que o período seco (b), apresentando 02 amostras não potáveis nos dois períodos.

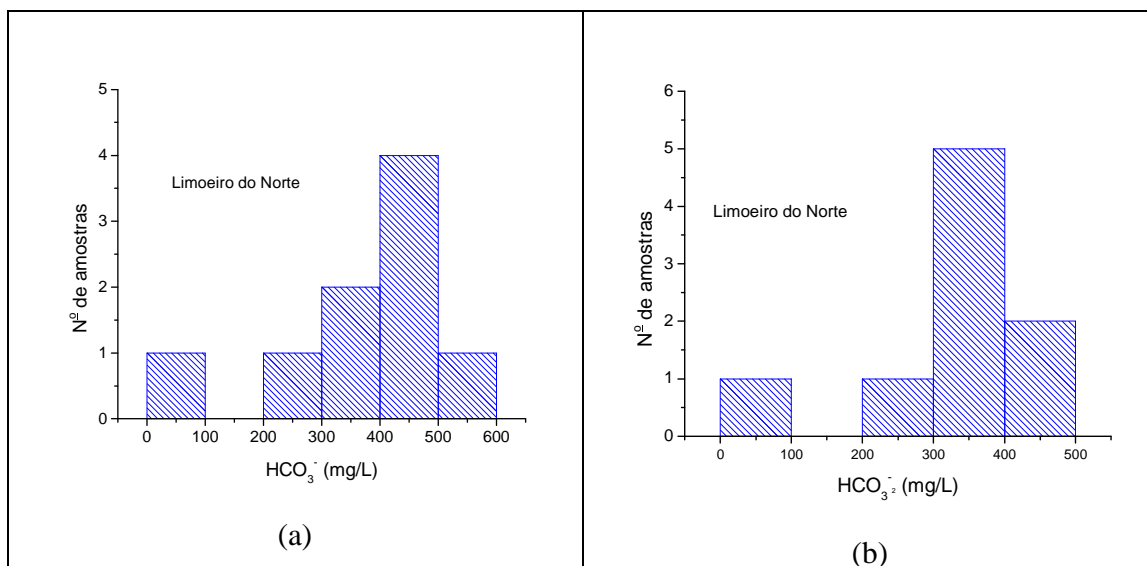


Figura 5.16c - Concentrações de *bicarbonatos* em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Limoeiro do Norte, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de bicarbonato mais altas do que no período seco (b).

5.1.4.3. Concentração de ânions em amostras de água subterrânea de Quixeré

As distribuições estatísticas das concentrações de ânions em amostras do município de Quixeré no período chuvoso (a) e no período seco (b) estão mostradas a seguir: as figuras 5.17a, b e c mostram a distribuições de cloreto, sulfato e bicarbonato, respectivamente.

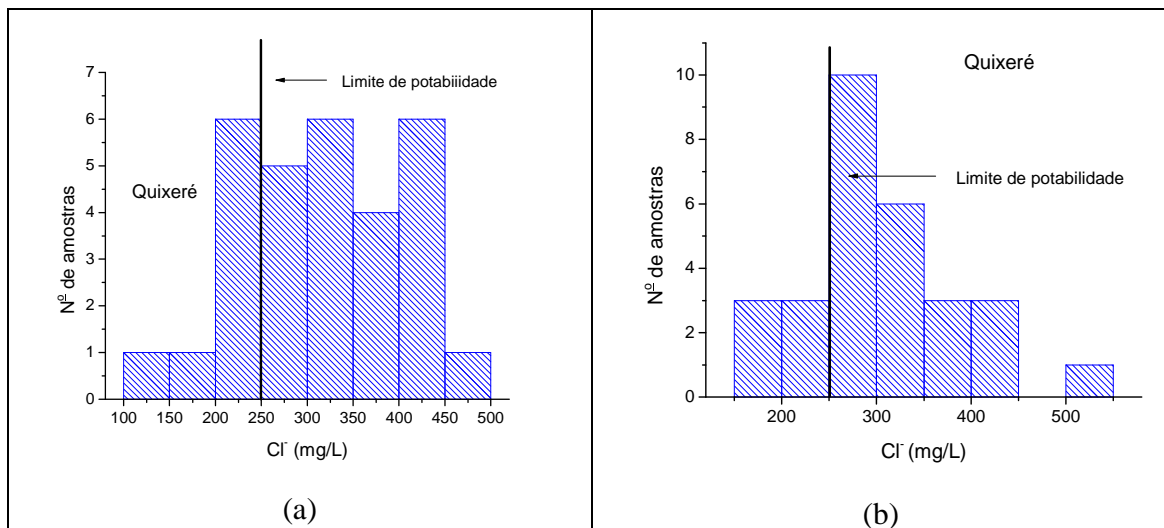


Figura 5.17a - Concentrações de *cloretos* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Quixeré, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de cloreto da ordem do no período seco (b)

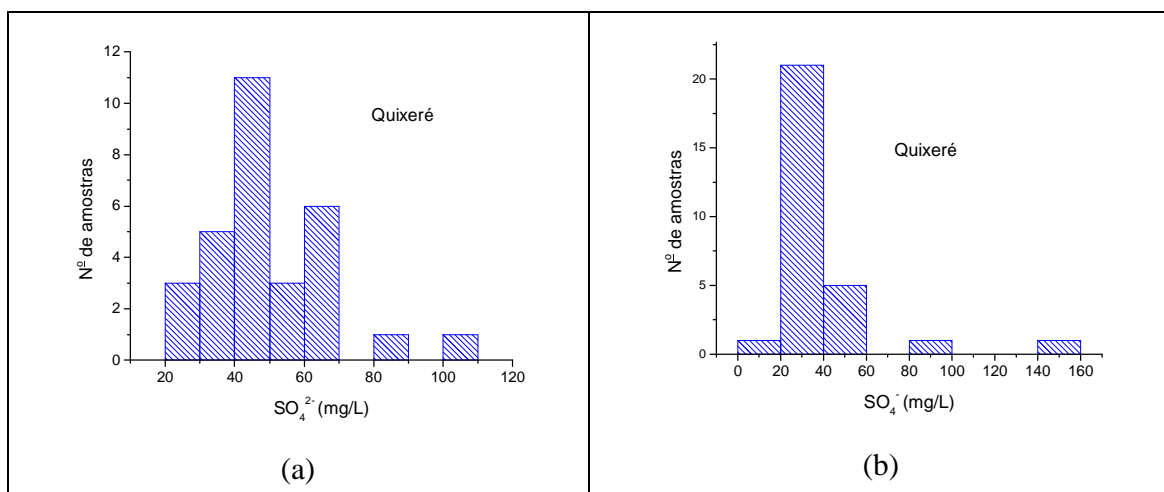


Figura 5.17b - Concentrações de *sulfatos* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Quixeré, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de sulfato mais baixas do que no período seco (b).

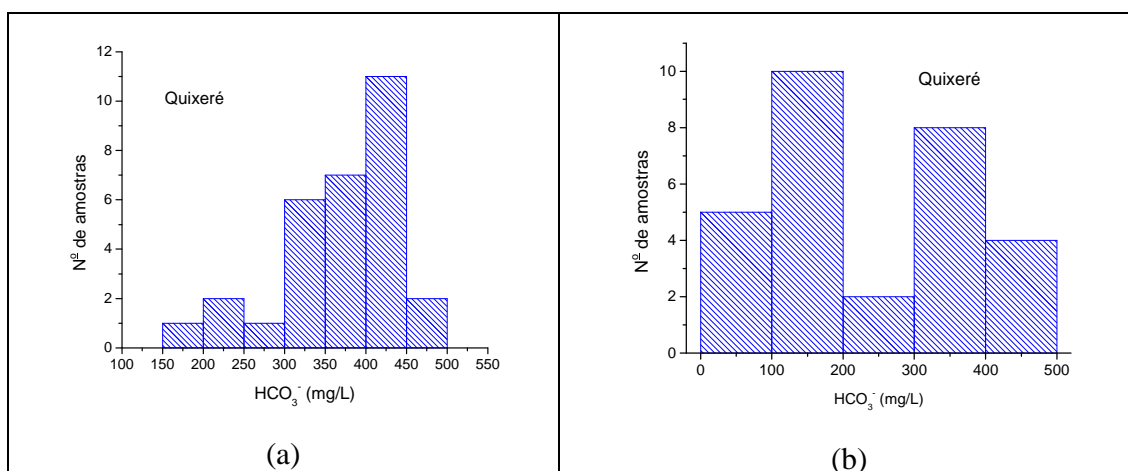


Figura 5.17c - Concentrações de *bicarbonatos* em amostras de água subterrânea em Quixeré. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Quixeré, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de bicarbonato mais altas do que no período seco (b)

5.1.4.4. Concentrações de ânions em amostras de água subterrânea de Tabuleiro do Norte

As distribuições estatísticas das concentrações de ânions em amostras de água subterrânea do município de Tabuleiro do Norte na primeira (a) e na segunda (b) coleta estão mostradas a seguir: as figuras 5.18a, b e c mostram as distribuições de cloreto, sulfato e bicarbonato, respectivamente.

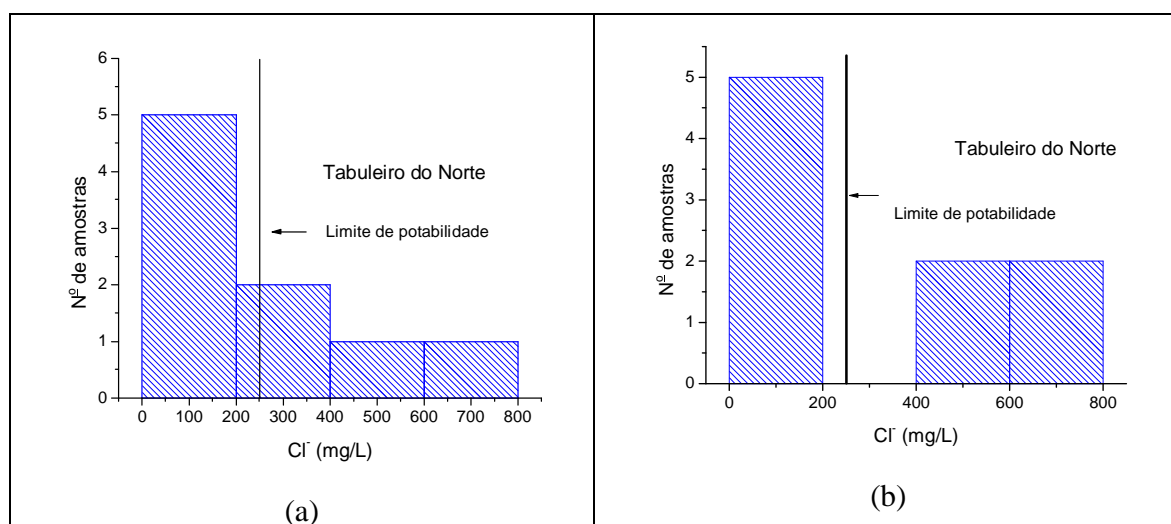


Figura 5.18a - Concentrações de *cloretos* em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Tabuleiro do Norte, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de cloreto da ordem do período seco (b), apresentando 03 amostras não potáveis no período chuvoso e 04 no período seco.

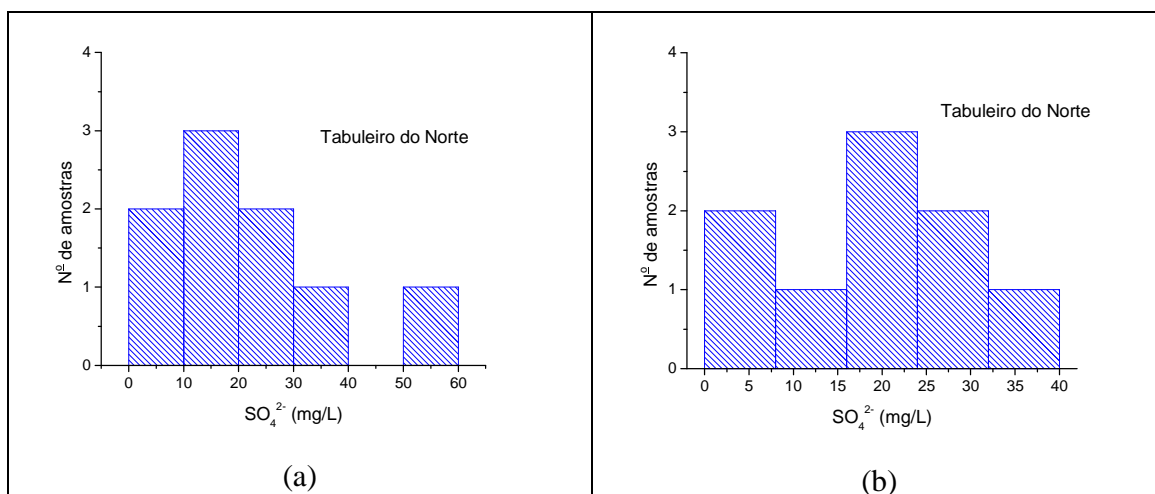


Figura 5.18b - Concentrações de *sulfatos* em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Tabuleiro do Norte, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de sulfato mais altas do que no período seco (b).

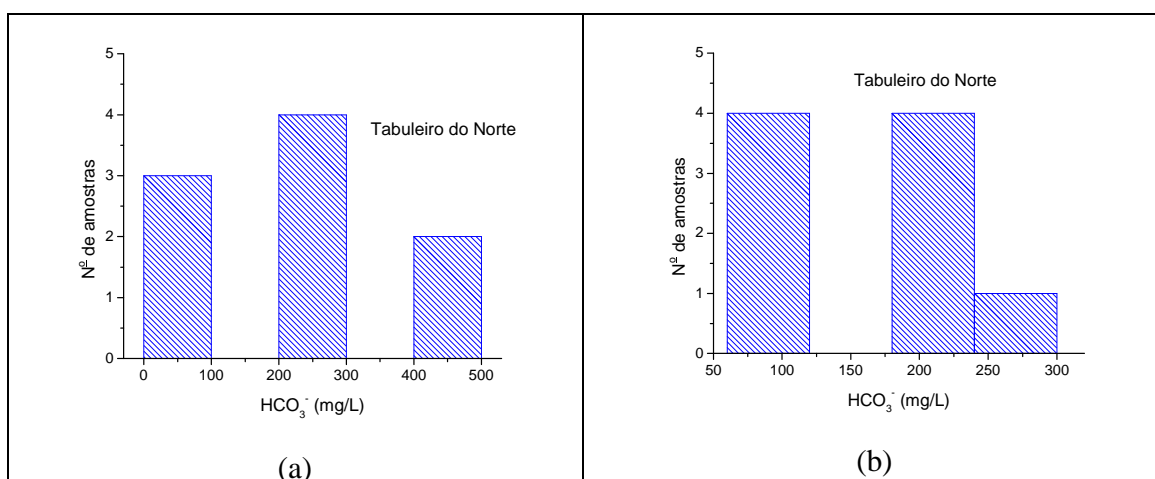


Figura 5.18c - Concentrações de *bicarbonatos* em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Tabuleiro do Norte, as amostras de água apresentaram concentrações de bicarbonato mais altas que no período seco (b).

5.1.4.5 Concentração de ânions em amostras de água subterrânea de Aracati

As distribuições estatísticas das concentrações de ânions em amostras do município de Aracati no período chuvoso e no período seco estão mostradas a seguir: as figuras 5.19a, b e c mostram as distribuições de cloreto, sulfato e bicarbonato, respectivamente.

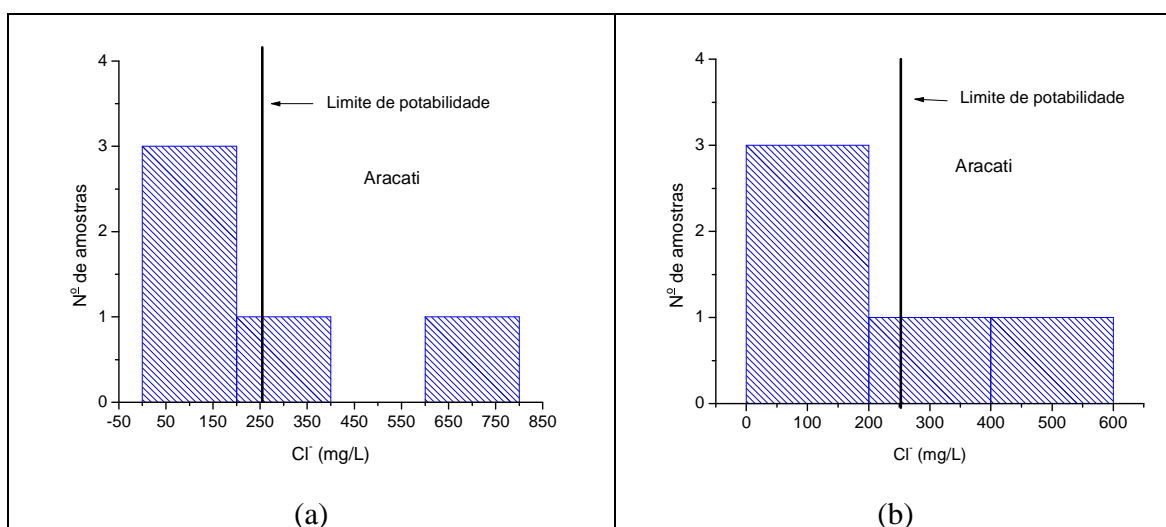


Figura 5.19a - Concentrações de *cloretos* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Aracati, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de cloreto mais altas do que no período seco (b), apresentando 02 amostras não potáveis nos dois períodos.

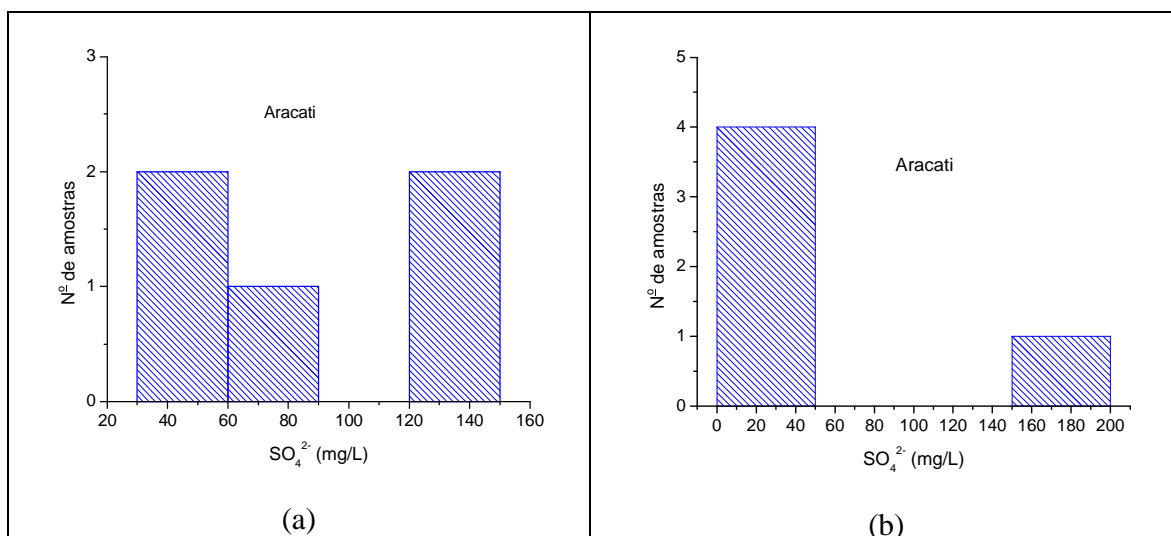


Figura 5.19b - Concentrações de *sulfatos* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Aracati, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de sulfato mais baixas do que no período seco (b).

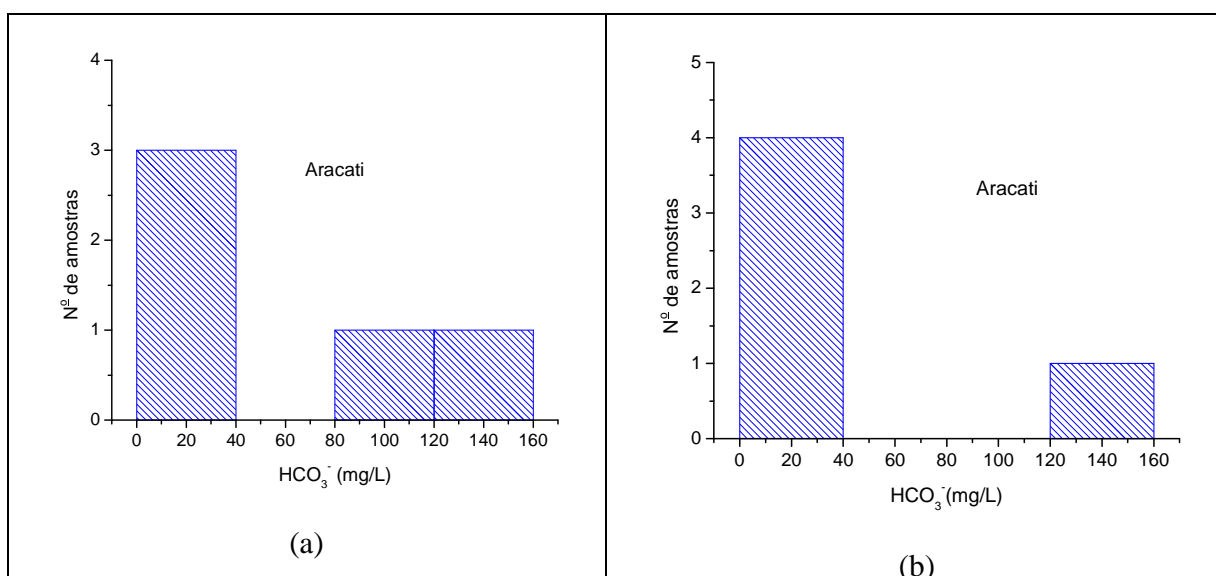


Figura 5.15c - Concentrações de *bicarbonatos* em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

No período chuvoso (a), em Aracati, as amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de bicarbonato da mesma ordem do período seco (b).

5.1.5. Condutividade elétrica

5.1.5.1. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Alto Santo

A figura 5.16 apresenta a condutividade elétrica das amostras de água subterrânea no município de Alto Santo, (a) período chuvoso e (b) período seco; as faixas de valores praticamente não variaram considerando os dois períodos. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) na tabela 5.1 mostram que 01 amostra do total de 06 do período chuvoso e 01 amostra do total de 07 do período seco não são potáveis.

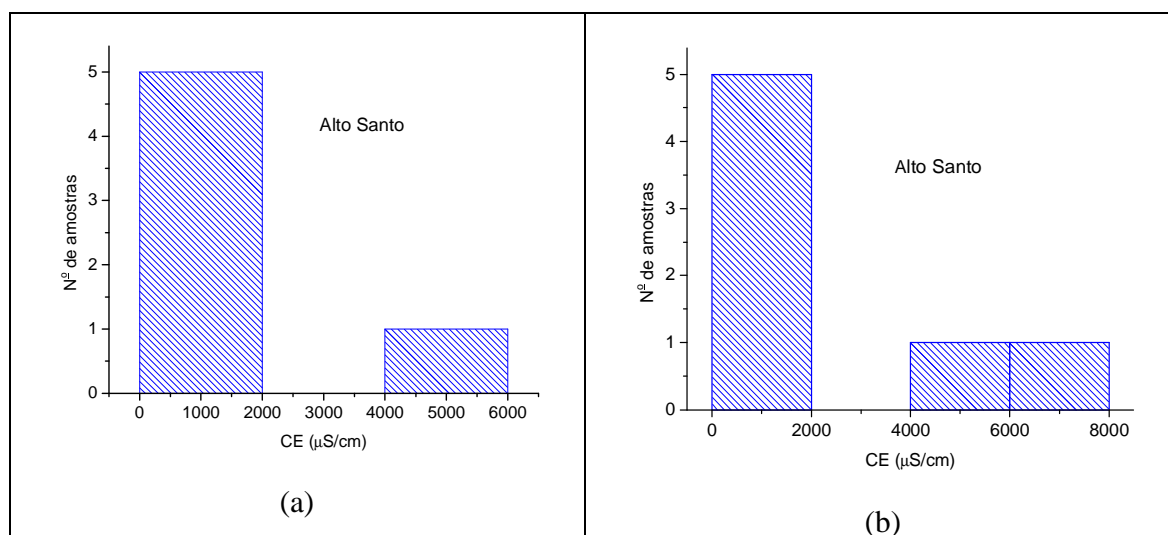


Figura 5.16 – Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Alto Santo. (a) Período chuvoso. (b) período seco.

5.1.5.2. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte

A figura 5.17 apresenta a condutividade elétrica das amostras de água subterrânea no município de Limoeiro do Norte, (a) período chuvoso e (b) período seco; os valores também não tiveram grandes variações considerando os dois períodos. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) indicados na tabela 5.2 mostram que 03 amostras do total de 09 do período chuvoso e 02 amostras do total de 09 do período seco não eram potáveis.

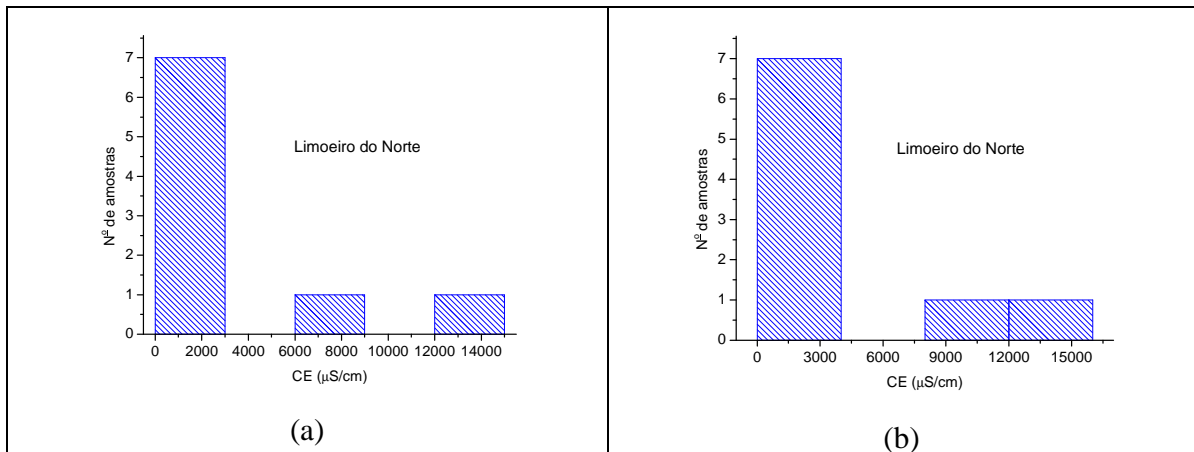


Figura 5.17 – Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Limoeiro do Norte.

(a) Período chuvoso. (b) período seco.

5.1.5.3. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Quixeré

A figura 5.18 apresenta a condutividade elétrica das amostras de água subterrânea no município de Quixeré, (a) período chuvoso e (b) período seco; os valores são mais elevados no período chuvoso do que no período seco. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) (tabela 5.3) mostram que 22 amostras do total de 31 do período chuvoso e 14 amostras do total de 29 do período seco não são potáveis.

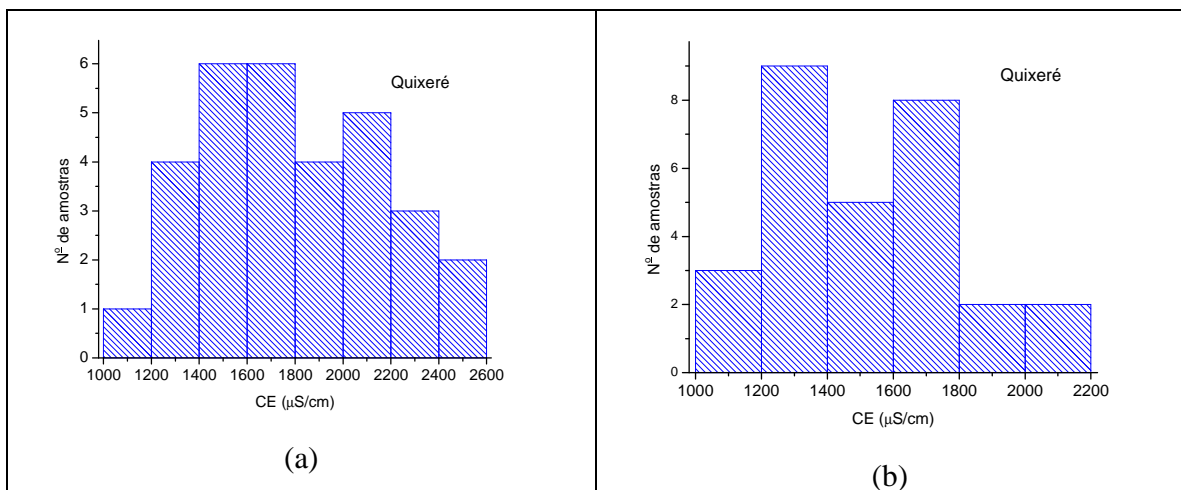


Figura 5.18 – Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Quixeré.

(a) Período chuvoso. (b) período seco.

(b)

5.1.5.4. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte

A figura 5.19 apresenta a condutividade elétrica das amostras de água subterrânea no município de Tabuleiro do Norte, (a) período chuvoso e (b) período seco; os valores são mais baixos no período chuvoso do que no período seco. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) apresentados na tabela 5.4 mostram que 01 amostra do total de 09 do período chuvoso e 03 amostras do total de 09 do período seco não são potáveis.

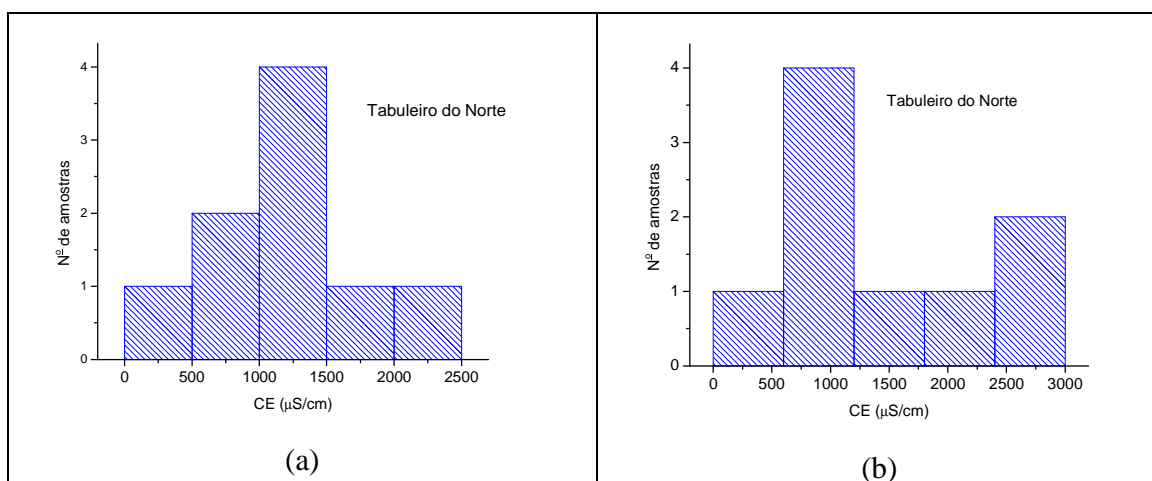


Figura 5.19 – Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Tabuleiro do Norte. (a) período chuvoso. (b) período seco.

5.1.5.5. Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Aracati

A figura 5.20 apresenta a condutividade elétrica das amostras de água subterrânea no município de Aracati, (a) período chuvoso e (b) período seco; os valores são mais altos no período chuvoso do que no período seco. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) na tabela 5.5 mostram que 01 amostra do total de 05 do período chuvoso e 01 amostras do total de 05 do período seco não são potáveis.

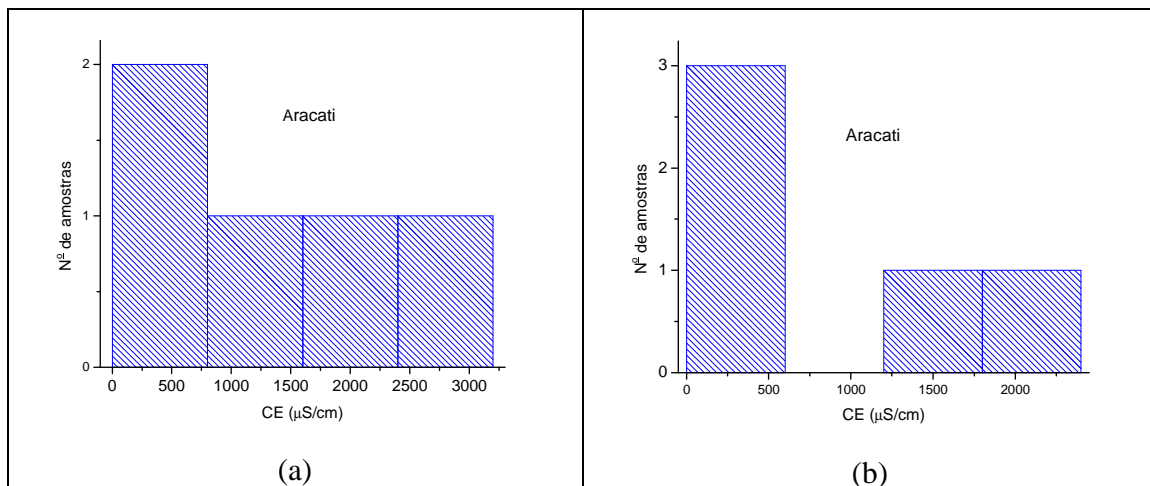


Figura 5.20 – Condutividade elétrica em amostras de água subterrânea em Aracati. (a) Período chuvoso. (b) período seco.

5.1.6. Diagramas de Piper

As figuras 5.21 a 5.25 representam os diagramas de Piper com amostras dos municípios Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré, Tabuleiro do Norte e Aracati, respectivamente.

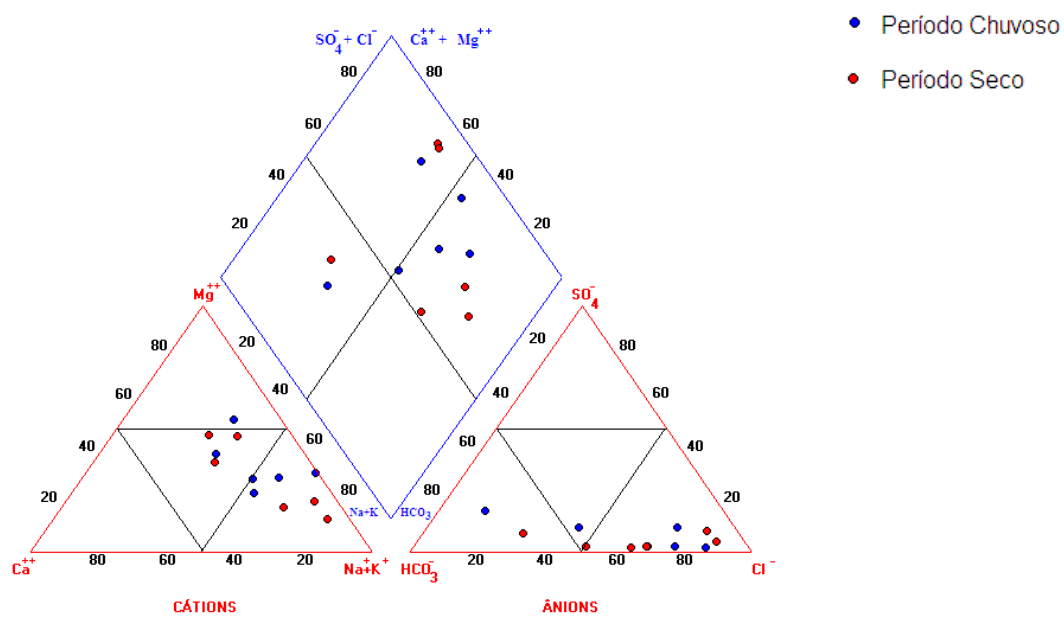


Figura 5.21. Diagrama de Piper com amostras no município de Alto Santo.

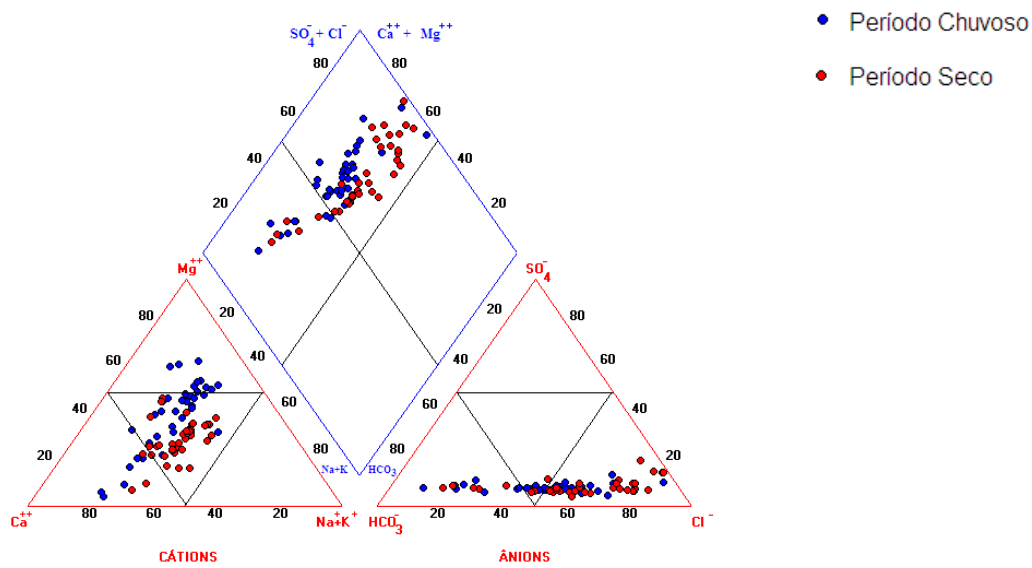


Figura 5.22. Diagrama de Piper com amostras no município de Limoeiro do Norte.

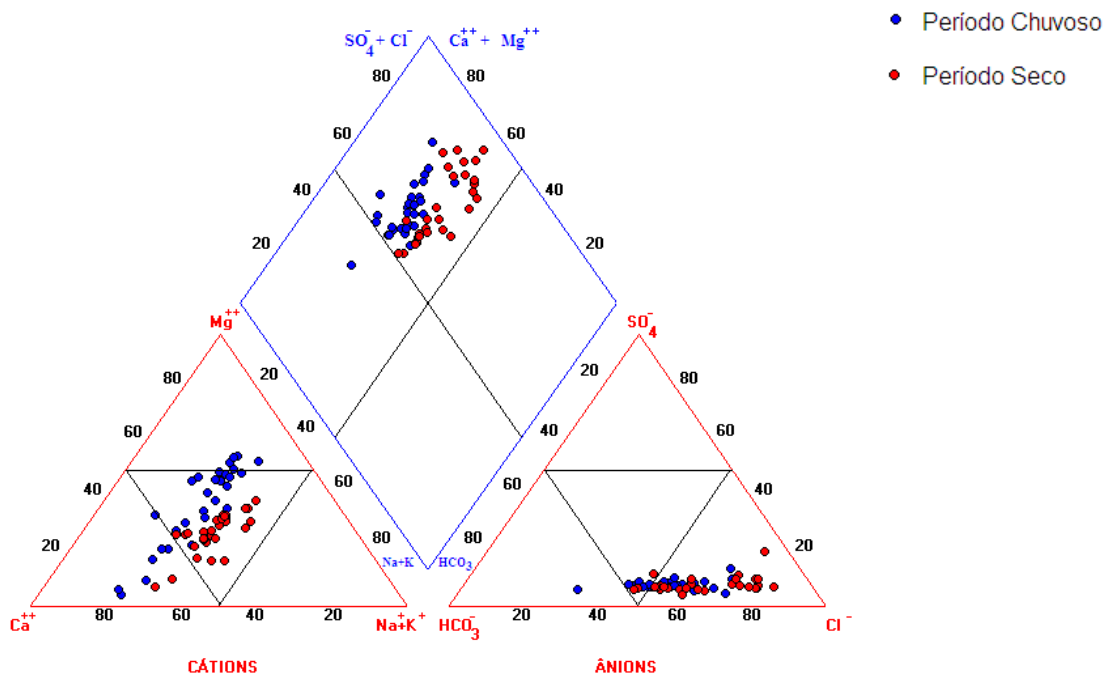


Figura 5.23. Diagrama de Piper com amostras no município de Quixeré.

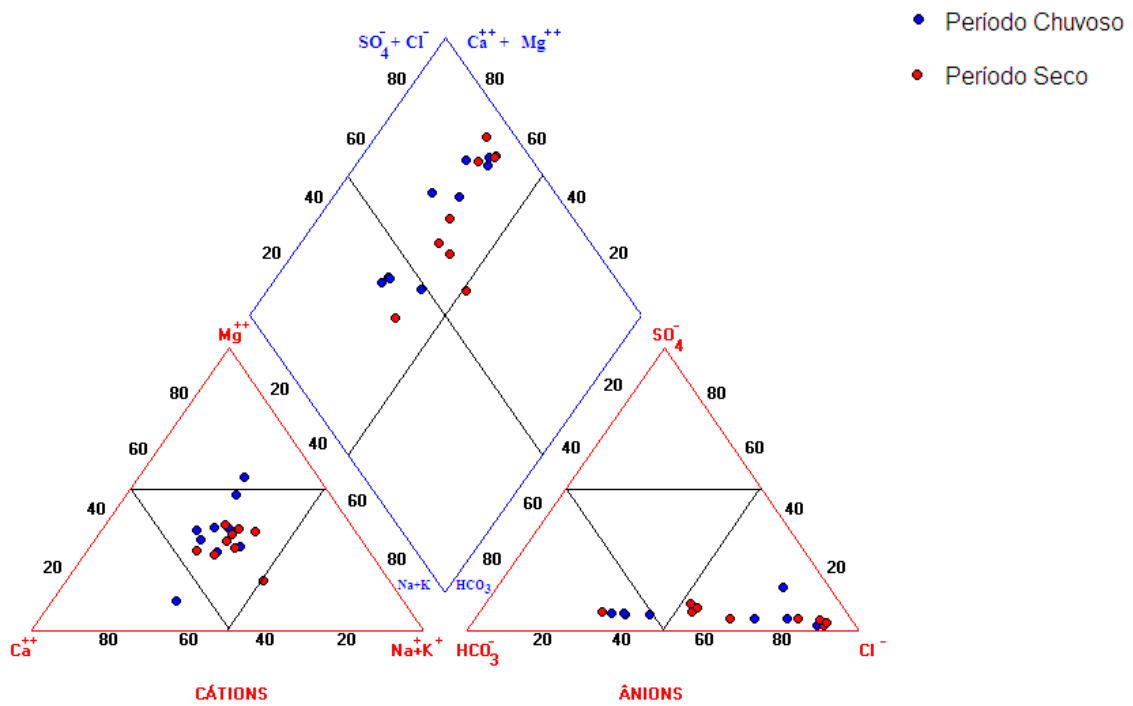


Figura 5.24. Diagrama de Piper com amostras no município de Tabuleiro do Norte.

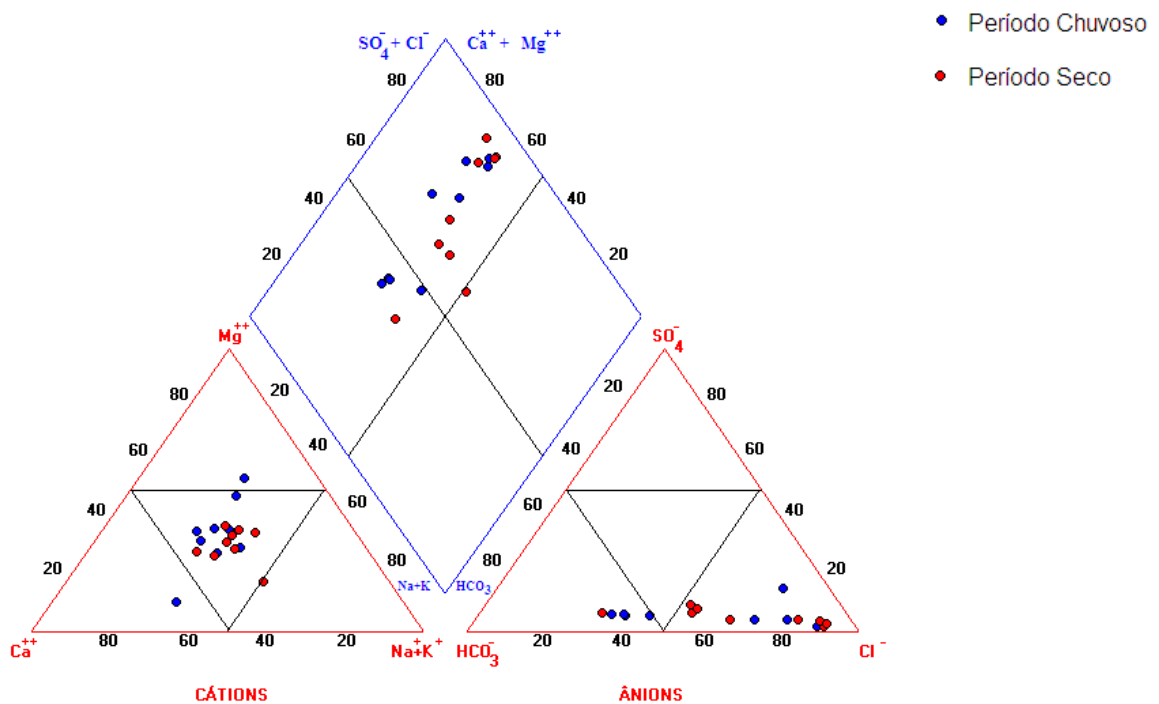


Figura 5.25. Diagrama de Piper com amostras no município de Aracati.

Em termos de cátions, o sódio predomina em 7 das 12 amostras de Alto Santo; nas demais amostras, em todos os municípios as águas são mistas, cálcicas e magnesianas. Águas magnesianas aparecem somente no período chuvoso em todos os municípios. Quanto aos ânions, predominam os cloretos seguidos dos bicarbonatos e nenhuma amostra é sulfatada.

A presença de água de chuva e a dissolução de carbonatos explicam as águas bicarbonatas nas duas coletas, período chuvoso e período seco.

5.1.7. Índices de Saturação de Calcita (ISC) e Dolomita (ISD)

Das 60 amostras de água subterrânea, 30 foram coletadas no município de Quixeré e as outras 30 distribuídas em quatro municípios: Alto Santo, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Aracati. O município de Aracati não se encontra em área de calcário e foi incluído neste trabalho para comparação com amostras do calcário jandaíra. Por esta distribuição de dados, os gráficos apresentados nessa sessão foram separados em dois grupos: um para o município de Quixeré e outro para os demais municípios.

A tabela 5.11 apresenta os índices de saturação de calcita (ISC) e de dolomita (ISD) para amostras coletadas no município de Quixeré no período chuvoso (a) e no período seco (b), respectivamente e a tabela 5.12 apresenta os mesmos índices para os outros municípios também no período chuvoso (a) e no período seco (b), respectivamente.

Os índices de saturação de calcita e dolomita foram correlacionados com a dureza (Figura 5.26 e 5.27) com a condutividade elétrica com amostras do período seco e com amostras do período chuvoso (Figuras 5.28 a 5.29).

A figura 5.26 apresenta a relação entre o índice de saturação de calcita e a dureza e a figura 5.27 apresenta a relação do índice de saturação de dolomita e a dureza em amostras do município de Quixeré, no período chuvoso (a) e no período seco (b), respectivamente.

Tabela 5.11 – Índices de Saturação de Calcita e Dolomita de amostras do município de Quixeré no período chuvoso e no período seco.

Nº	Local/Poço	Período Chuvoso (abril/2008)		Período Seco (setembro/2008)	
		ISC	ISD	ISC	ISD
1	Airlon Gonçalves	0,3	-2,3	0,4	0,0
2	Angel Agrícola – B1	0,5	-3,0	0,3	-0,4
3	Balneário Leomar –Trampolim	0,3	-2,1	0,1	-0,3
4	Bessa	0,3	-2,1	-0,3	-0,5
5	Bessa	0,1	-2,0	-0,3	-0,5
6	Comunidade Ubaia	0,3	-2,1	0,0	-0,8
7	Delmont – P8	0,5	-2,3	0,0	-0,3
8	Delmont – P9	0,3	-2,3	-0,2	-0,3
9	Delmont – 10	0,4	-2,0	0,1	-0,4
10	Delmont – P16	0,4	-1,9	0,3	-0,6
11	Delmont – P23	0,0	-2,5	0,2	-0,3
12	Fruta Cor – Boa esperança	0,2	-2,0	-0,3	-0,4
13	Fruta Cor – Boa esperança	0,3	-1,9	0,1	0,0
14	Fruta Cor – Cercado do Meio –1	0,6	-1,8	0,7	0,5
15	Fruta Cor – Cercado do Meio –2	0,4	-1,7	0,9	0,6
16	Fruta Cor – Cercado do Meio –3	0,5	-1,7	-	-
17	Fruta Cor – Cercado do Meio –4	-0,2	-2,9	0,3	0,1
18	JS Sallout – P1	0,2	-2,0	0,3	0,2
19	JS Sallout – P2	0,2	-1,9	0,4	0,2
20	JS Sallout – P3	0,5	-1,7	-	-
21	JS Sallout – P5	0,2	-1,7	0,4	0,2
22	JS Sallout – P6	0,4	-1,5	0,4	0,2
23	Lagoinha – SAAE	0,3	-2,1	0,4	0,2
24	Mila Agrícola – P A	0,3	-2,8	-0,4	-0,8
25	Mila Agrícola – P B	0,4	-2,1	0,2	-0,9
26	WG Fruticultura – P1	-	-	0,4	0,3
27	WG Fruticultura – P2	0,3	-2,0	0,5	0,3
28	WG Fruticultura – P3	0,0	-2,3	0,4	0,2
29	WG Fruticultura – P5	0,4	-2,1	0,1	-0,1
30	WG Fruticultura - P7	0,4	-2,0	0,3	0,6

- amostras não coletadas

Tabela 5.12 – Índices de Saturação de Calcita e Dolomita de amostras dos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Aracati, no período chuvoso e no período seco.

Nº	Local/Poço	Período Chuvoso (abril/2008)		Período Seco (setembro/2008)		Municípios
		ISC	ISD	ISC	ISD	
1	Água Apodi	-2,6	-3,6	-2,0	-3,3	Alto Santo
2	Assent. Laje Oiticica	-0,1	-0,1	0,2	0,3	
3	Francisco E. da Silva	-1,1	-1,7	-3,8	-5,3	
4	Laje Oiticica	-0,1	0,1	0,0	0,3	
5	Lagoa Grande 2	-3,0	-4,2	0,2	0,0	
6	Rita Maria	0,2	-0,9	-3,7	-5,0	
7	Calbras – km 60	0,0	0,0	0,6	0,8	Limoeiro do Norte
8	Carbomil	0,2	0,0	0,7	1,1	
9	Comunidade km 60 – Assoc.	0,2	0,1	0,7	1,0	
10	Comunidade km 60 - Sebastião	-0,3	-0,3	0,3	0,5	
11	Comunidade Sucupira	0,2	0,2	0,5	0,6	
12	Tomé – José Maria Filho	0,1	0,1	0,1	0,3	
13	Tomé Fco. Adauto Neto	0,1	0,1	0,3	0,5	
14	Lagoa do Rocha Lim 24	0,5	1,1	-1,0	0,1	
15	Lagoa do Rocha Lim 26	0,1	0,5	-0,2	0,6	Tabuleiro do Norte
16	Alto do Mariano	-0,2	-2,7	1,2	1,0	
17	Alto do Mendes	0,6	-2,2	2,3	1,9	
18	Gangorrinha	0,3	-2,4	1,8	1,7	
29	Gangorrinha	0,3	-2,7	2,0	1,4	
20	Lagoa do Meio	-1,5	-4,2	0,7	0,5	
21	Olho d'água da Bica	0,3	-2,3	1,9	1,6	
22	Olho d'água da Bica	0,3	-2,4	2,0	1,7	
23	São Bento	-1,1	-4,2	1,2	0,6	Aracati
24	Várzea Grande	0,1	-2,0	2,2	2,2	
25	Da Fruta - P2	-3,8	-4,0	-5,1	-5,8	
26	Da Fruta – P4	-1,3	-2,3	-2,0	-2,1	
27	Da Fruta – P5	-2,2	-3,3	-2,3	-2,6	
28	Kraft – P2	-1,9	0,8	-4,5	-5,5	
29	Kraft – P5	-4,3	0,8	-4,7	-5,7	

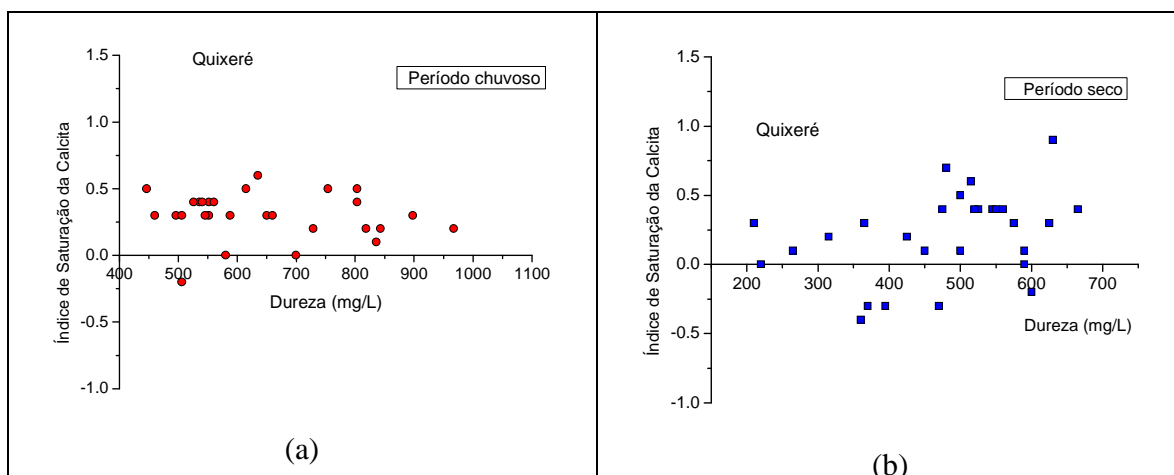


Figura 5.26. Índice de Saturação da Calcita versus dureza no município de Quixeré. (a) Período chuvoso. (b) período seco.

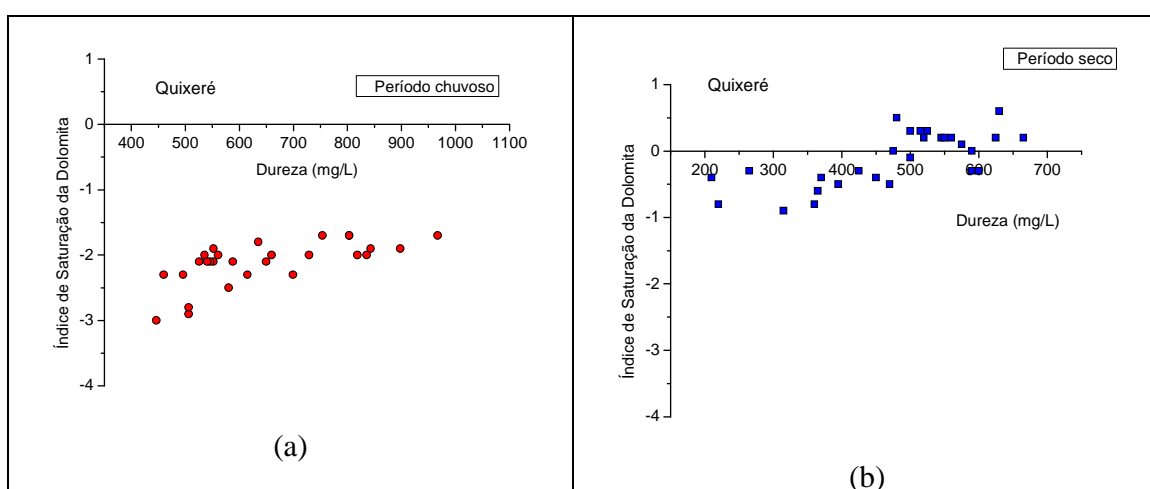


Figura 5.27. Índice de Saturação da Dolomita versus dureza no município de Quixeré. (a) Período chuvoso. (b) período seco.

Observa-se na figura 5.26, saturação da calcita nas amostras do município de Quixeré tanto no período chuvoso (a) como no período seco (b), tendo mais águas saturadas no período chuvoso do que no período seco; no período seco, 05 amostras eram subsaturadas e apenas 01 amostra era subsaturada no período chuvoso.

O índice de saturação de dolomita versus dureza (Figura 5.27), mostra no período chuvoso águas subsaturadas em dolomita, mas no período seco em parte delas essa

saturação já foi atingida. Esse fato pode ser explicado considerando-se que a calcita é mais solúvel do que a dolomita (ver Capítulo 3).

Correlacionando o índice de saturação de calcita com a condutividade elétrica (Figura 5.28) e o índice de saturação de dolomita com a condutividade elétrica (Figura 5.29) de amostras do município de Quixeré para o período chuvoso (a) e para o período seco (b) o mesmo comportamento também é observado.

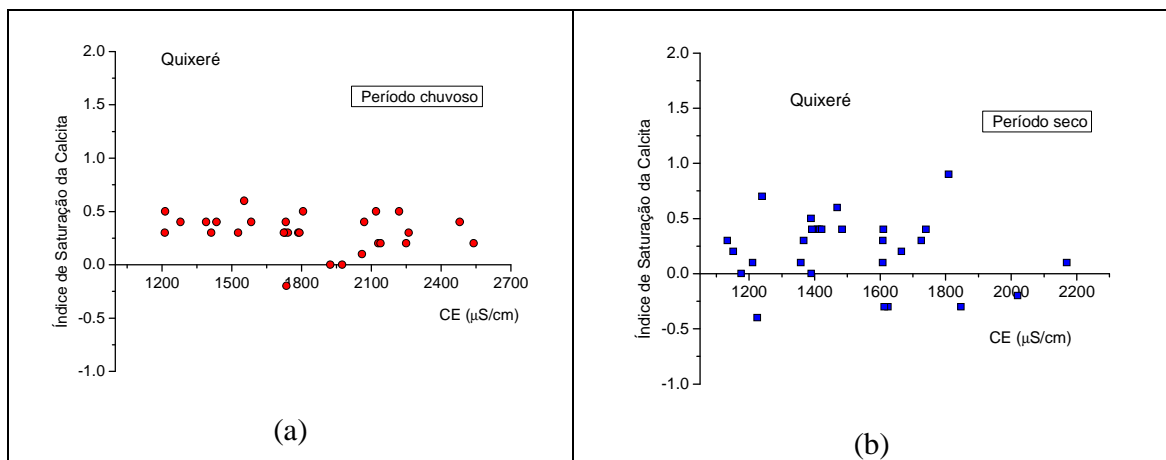


Figura 5.28. Índice de Saturação da Calcita versus Condutividade Elétrica no município de Quixeré. (a) Período chuvoso. (b) período seco.

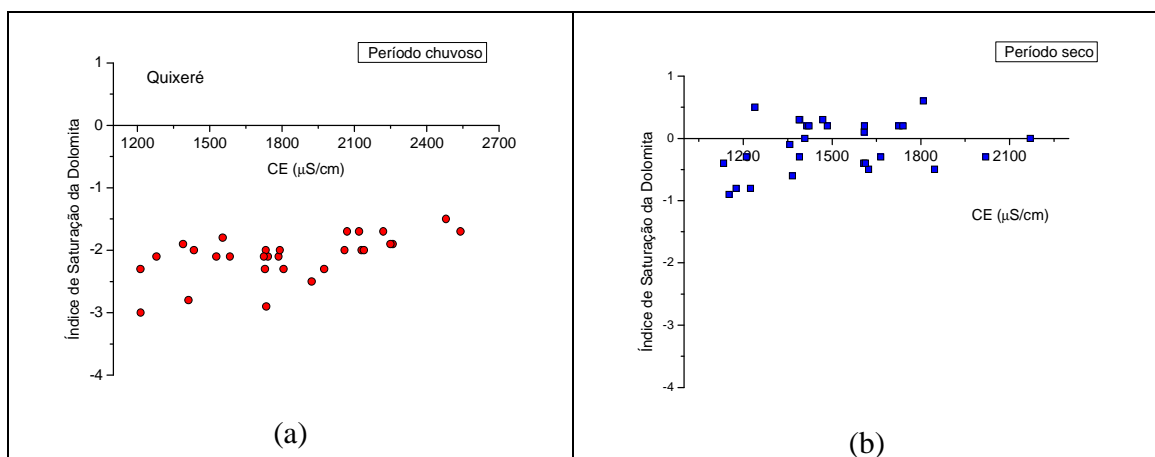


Figura 5.29. Índice de Saturação da Dolomita versus Condutividade Elétrica no município de Quixeré. (a) Período chuvoso. (b) período seco.

A diferença de salinidades da calcita e da dolomita pode ser melhor observada quando são identificados os índices de saturação de calcita (Figura 5.30) e de dolomita (Figura 5.31) em cada poço e nas duas coletas.

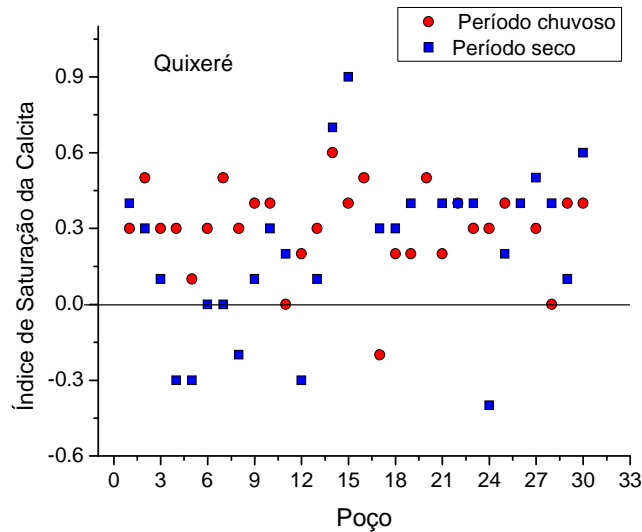


Figura 5.30. Índice de Saturação de Calcita para cada poço no município de Quixeré.

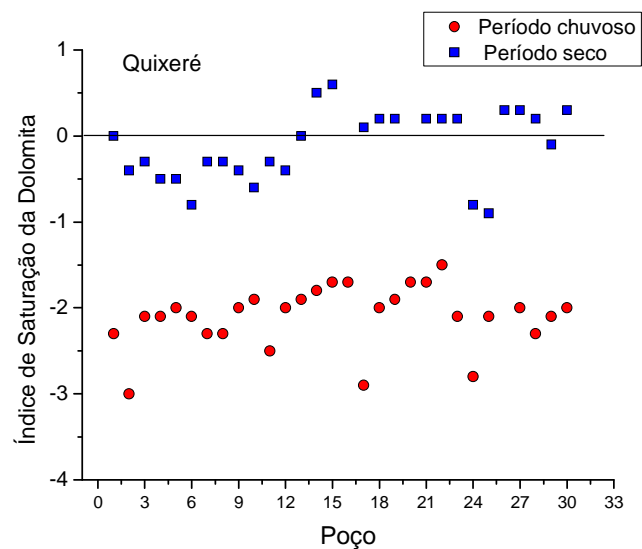


Figura 5.31. Índice de Saturação de Dolomita para cada poço no município de Quixeré.

A figura 5.32 apresenta a relação entre o índice de saturação de calcita e a condutividade elétrica para os outros municípios (Alto Santo, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Aracati) nos dois períodos de coleta e a figura 5.33 apresenta a relação do índice de saturação de dolomita com a condutividade elétrica para os mesmos municípios para o período chuvoso (a) e para o período seco (b).

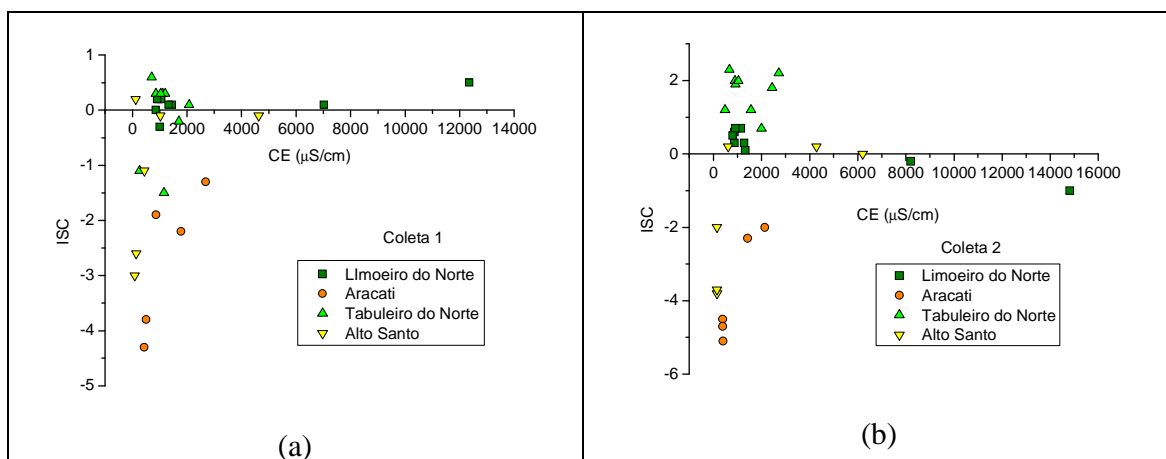


Figura 5.32. Índice de Saturação da Calcita versus condutividade elétrica nos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco.

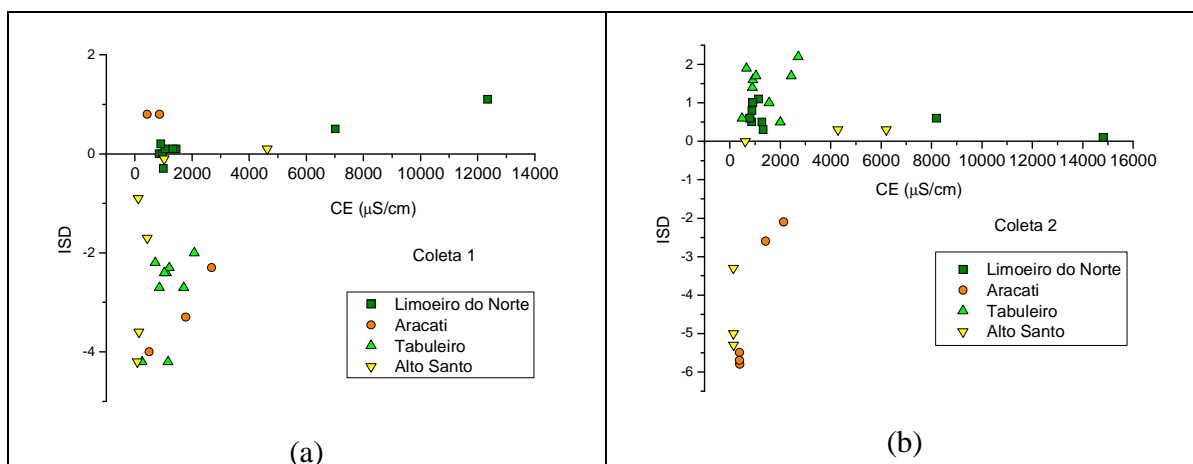


Figura 5.33. Índice de Saturação da Dolomita versus condutividade elétrica nos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Aracati. (a) período chuvoso. (b) período seco

Embora seja pequeno número de amostras em cada município, do índice de saturação de calcita versus condutividade elétrica (Figura 5.32) pode-se observar que: amostras do município de Aracati, que não é área de calcário, não apresentam saturação como era esperado para qualquer condutividade elétrica. Amostras do município de Alto Santo são subsaturadas no período chuvoso atingindo (03 das 05 amostras) o equilíbrio no período seco. Amostras do município de Limoeiro do Norte se encontram em equilíbrio no período chuvoso com leve saturação no período seco e do município de Tabuleiro do Norte, 02 amostras das 05 são subsaturadas no período chuvoso e todas são saturadas no período seco.

Do índice de saturação de dolomita versus condutividade elétrica (Figura 5.33) pode-se concluir que: amostras do município de Aracati, que não é área de calcário, não apresentam saturação como já era esperado. Das amostras do município de Alto Santo, 01 está no equilíbrio e 04 subsaturadas no período chuvoso; no período seco 03 estão no equilíbrio e 03 são subsaturadas. Amostras do município de Limoeiro do Norte se encontram no equilíbrio no período chuvoso tendendo a saturação no período seco, mas sem apresentar grandes mudanças entre os dois períodos. Amostras do município de Tabuleiro do Norte se comportam como o município de Quixeré; subsaturadas no período chuvoso, e saturadas no período seco.

6. CONCLUSÕES

Com águas coletadas em 60 poços na Chapada do Apodi e no município de Aracati, nos períodos seco e chuvoso concluímos:

Em relação à potabilidade, segundo a Portaria nº 518 (MS, 2004), considerando somente parâmetros físico-químicos:

- No período chuvoso (abril 2008), 05 das 06 amostras em Alto Santo; 04 das 09 amostras em Limoeiro do Norte, 01 das 30 amostras em Quixeré; 05 das 09 amostras em Tabuleiro do Norte e 03 das 05 amostras em Aracati são potáveis; totalizando 17 potáveis das 60 amostras no período chuvoso.
- No período seco (setembro 2008), 05 das 08 amostras em Alto Santo; 05 das 09 amostras em Limoeiro do Norte, 05 das 29 amostras em Quixeré; 05 das 09 amostras em Tabuleiro do Norte e 03 das 05 amostras em Aracati são potáveis; totalizando 23 potáveis das 60 amostras no período seco.

Estes dados mostram que a recarga no período chuvoso ocorre com entrada de água contribuindo para elevar concentrações salinas.

Em relação à dureza:

- No município de Alto Santo metade das amostras (3/6) são mais duras no período chuvoso, em Limoeiro do Norte e em Aracati as amostras apresentam mesma ordem de dureza nos dois períodos, no município de Tabuleiro do Norte as amostras se apresentam mais duras no período chuvoso, e no município de Quixeré (maior número de amostras) predominam valores acima de 500 mg/L que é o máximo aceito para as águas potáveis. Além disso, são águas com tendência à incrustação que precisam de controle e de correções para uso na agricultura.

Em relação ao ferro:

- Os teores de ferro são maiores no período chuvoso.

Em relação ao tipo de água através do diagrama de Piper:

- Em termos de cátions, o sódio só predomina em amostras de Alto Santo; nas demais amostras, dos outros municípios as águas são mistas, cálcicas e magnesianas. Águas magnesianas aparecem somente no período chuvoso em todos os municípios. Quanto aos ânions, predominam os cloretos seguidos dos bicarbonatos e nenhuma amostra é sulfatada.
- A presença de água de chuva e a dissolução de carbonatos explicam as águas bicarbonatas nas duas coletas, período chuvoso e período seco.

Em relação aos índices de saturação de calcita (ISC) e dolomita (ISD):

Nas amostras do município de Quixeré, (30), metade de todas as amostras em cada período:

- Tanto no período chuvoso como no período seco, as amostras apresentam saturação de calcita, mas a saturação de dolomita só foi tingida no período seco. Isso ocorre porque a solubilidade da calcita é maior do que a solubilidade da dolomita.

Considerando os outros municípios:

- Amostras no município de Aracati, que não se encontra em área de calcário, não apresentam saturação nem de calcita nem de dolomita, como era esperado.
- Amostras no município de Alto Santo não apresentam saturação destes dois carbonatos.
- Amostras no município de Tabuleiro do Norte se comportam como as de Quixeré.
- Amostras no município de Limoeiro do Norte atingiram o equilíbrio no período chuvoso tendendo à saturação no período seco, mas sem apresentar grandes mudanças nos dois períodos.

Com a hidroquímica e os índices de saturação de calcita e de dolomita foi possível observar que embora parte dos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte estejam geologicamente em áreas do Calcário Jandaíra na Chapada do Apodí, eles apresentam diferentes processos de salinização. Amostras do município de Alto Santo são as únicas que são sódicas e não mostram saturação de calcita e dolomita.

A condutividade elétrica nos municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte é mais alta no período chuvoso do que no período seco; nas amostras do município de Quixeré acontece o inverso. Isto ocorre possivelmente pelo intenso processo de dissolução que deve conduzir à precipitação de carbonato de cálcio neste município.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. B. de., SANTIAGO, M. M. F. **Hidroquímica das águas subterrâneas do sistema Dunas/Barreiras no município de Caucaia – Ceará.** 1999. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte: SBRH, 1999.

AGUIAR, R. B., SANTIAGO, M. M. F., VASCONCELOS, S. M. S. **Potabilidade das águas subterrâneas no litoral do município de Caucaia - Ceará.** Anais do 1º CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: 2000.

ALBUQUERQUE, U. P de; ANDRADE, L de H. C. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do Estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Revista Interciência**, v.27, n.7, p. 336-346, julho 2002.

APPELO, C.A.J. E POSTMA, D. **Geochemistry, Groundwater and Pollution.** Ed. A.A.Balkema, Rotterdam 1999. 536p.

ARAÚJO, M. L. M. A Influência do Aquífero Carste em Almirante Tamandaré. **Revista Eletrônica Geografar**, v.1, n.1, p. 20-37, jul/dez. 2006.

BRITO, L. T. de. et al. **Fatores relacionados à salinidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre.** 2003. IV Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Juazeiro. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Juazeiro: Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2003.

CASSAB, R. de C. T. **Paleontologia da Formação Jandaíra, cretáceo superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2003, 22p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

CRUZ, L. V., PEREIRA FILHO, M. **Qualidade das águas da Gruta Morena, Cordisburgo**. 2003a. XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Januária MG. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia: Januária MG: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2003.

CRUZ, M. das G. M. et al. Caracterização das águas superficiais e subterrâneas do projeto Jaguaribe-Apodi. **Eng. Agrícola Jaboticabal**, v.23, n. 1, p. 187-194, janeiro 2003b.

DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas). **Perímetro irrigado Jaguaribe -Apodi**. 2003. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetrosirrigados/ce/jaguaribeapodi.html>> Acesso em abril de 2008.

DREVER, J.I. **The Geochemistry of Natural Waters. Surface and Groundwater Environments**. Ed. Prentice-Hall. 2002. 439p.

DUCCI, D., MASI, G. De., PRISCOLI, G. D. Contamination risk of the Alburni karst system (Southern Italy). Naples, Italy. **Engineering Geology** **99**, p.109-120, 2007.

FERNANDES, M. A. B. et al. **Hidroquímica das águas subterrâneas no calcário Jandaíra – Chapada do Apodi**. 2002. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, 2002.

FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-Ce. **Revista Ciência Agronômica**, v 37, n.3, p. 250-257, 2006.

GRANJEIRO, M. L. et al. **Influência do ambiente sedimentar na qualidade das águas subterrâneas da bacia sedimentar no município de Lavras da Mangabeira, Ceará**. 2008. Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, 2008.

GUO, F., JIANG, G., YUAN, D.. Major ions in typical subterranean rivers and their anthropogenic impacts in southwest karst areas, China. **Environ Geol**, p. 533-541, 2007.

IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Perfil Básico Municipal. Fortaleza, 2004.** Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em abril de 2008.

JONG, C. de., Cappy, S., FINCHK, M., FUNK, D. A transdisciplinary analysis of water problems in the mountainous karst areas of Morocco. **Engineering Geology 99**, p. 228-238. 2008.

LIMA, C. H. et al. **Medidas Hidroquímicas e estudo da salinização das águas nos Inhamuns.** Anais do IX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Salvador, 1996.

MACHADO, C. J. F. et al. **Evolução da salinidade das águas subterrâneas no aquífero Mauriti – Bacia Sedimentar do Araripe.** 2002. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, 2002.

MAIA, C. E., MORAIS, E. R. C., OLIVEIRA, M. Classificação da água para irrigação utilizando quatro metodologias de cálculo para a razão de adsorção de sódio-I. Região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. Mossoró-RN, **Caatinga**, p. 41 – 46. 1998.

MATIAS, G. D. V., SILVA, L. M. R., KHAN, A. S. Perfil dos produtores de frutas do município de Limoeiro do Norte – Ce frente ao novo paradigma de desenvolvimento do setor. **Revista Ciência Agronômica**, vol 34, n 1, 2003.

MATIAS, G. D. V., SILVA, L. M. R., KHAN, A. S. Reflexos de Políticas Públicas sobre a Fruticultura Cearense: o caso do agropolo Baixo-Jaquaribe. **Revista de Economia e Agronegócios**, vol 2, nº 2, abril. 2004.

MEDEIROS, J. F. de. et al. Caracterização das águas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p. 469-472, 2003.

MENDONÇA, L. A. R. et al. **Hidroquímica das águas da Chapada do Araripe.** 1999. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 1999.

MENDONÇA, L. A. R. et al. **Qualidade da água na Chapada do Araripe e sua vulnerabilidade**. Anais do 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Fortaleza, 2000.

MENDONÇA, L. A. R. et al. **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas da Bacia da Gameleira-Aiuaba no cristalino cearense**. 2003. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, 2003.

MOREIRA, A. R. P. et al. Composição florística e análise fitosociológica arbustivo-arbório no município de Caraúbas-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Grupo Verde de Agricultura Alternativa, vol 2, n 1, julho. 2007.

MOTA, J. C. M. et al. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi- RN. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol 31, n 3, junho. 2007.

MS (Ministério da Saúde). 2004. Portaria nº 518, março de 2004. 15p.

NUNES, W. A. G. de. et al. Qualidade da água de irrigação de poços tubulares e do Rio Grotuba na região de Janaúba - MG. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 403-410, novembro-dezembro. 2005.

OBEIDAT, M. M. et al. Assessment of nitrate contamination of karst springs, Bani Kanana, northern Jordan. **Revista Mexicana de Ciências Geológicas**, v. 25, n. 3 p. 426-437. 2008.

PINHEIRO, J. C. V., LIMA, A. T. de M. **Valor econômico da água para irrigação: uma aplicação do método residual**. 2001. III Encuentro de las Águas – Água, Vida e Desarrollo. Santiago – Chile, 2001.

QUEIROZ, G. H. de., FRISCHKORN, H., SANTIAGO, M. M. F. **Variação da qualidade da água de açudes e poços no município de Tauá – Ce no período de junho de 1999 a junho de 2000**. 2001. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 2001.

RAMOS, S. O. et al. Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê – Bahia: contribuição para uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido. **Revista Brasileira de Geociências**, p. 227-233, dezembro de 2007.

RIBEIRO, J. A. et al. **Contribuição hidroquímica para o conhecimento das bacias de Iguatu/CE**. 2000. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Anais do I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Fortaleza, 2000.

SANTIAGO, M. M. F. et al. **Mecanismos de salinização dos aquíferos cársticos nas chapadas do Araripe e Apodi**. 2002a. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, 2002.

SANTIAGO, M. M. F. et al. **As águas subterrâneas no cristalino do semi-árido no Ceará-Brasil: o município de Tauá**. 2002b. Anais do 6º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterrânea. Mar Del Plata – Argentina, 2002.

SANTIAGO, M. M. F. et al. Fatores condicionantes da qualidade das águas subterrâneas na região costeira de Caucaia, Ceará – Brasil. **Revista de Geologia**, Fortaleza, vol 20, nº 1, p. 23-32, 2007.

SDLI (Secretaria do Desenvolvimento Local e Industrial. Estado do Ceará. **Arranjo produtivo local de fruticultura irrigada de Limoeiro do Norte**. Disponível em <<http://www.apl.ce.gov.br>> Acesso em abril. 2008.

SILVA, Carla Maria Salgado Vidal. **Modelo fenomenológico para a circulação de água na Bacia sedimentar do cariri com base em isótopos e hidroquímica**. Fortaleza: UFC, 1996. 126 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

SILVA, C. M. S. V. et al. **A qualidade das águas subterrâneas usadas no abastecimento do município de Juazeiro do Norte**. 2008. Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008.

SILVA, F. J.A. da., ARAÚJO, A. L. de., SOUZA, R. O. de. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-139, dez. 2007.

SOUZA, B. P. C. de., LASTORIA, G. **Contribuição a caracterização da situação atual da exploração as águas subterrâneas na cidade de Bonito - MS**. 2003. Anais: XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Sociedade Brasileira de Espeleologia. Januária MG, 2003.

SOUZA FILHO, O. A. et al. **Medidas hidroquímicas nas águas subterrâneas da região de Irauçuba, Norte do Ceará**. 2004. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, 2004.

TEIXEIRA, P. S. D., DIAS, M. S. **Levantamento espeleológico da região cárstica de Arcos, Pains, Dorosópolis, Córrego Fundo e Iguatama, frente às atividades degradadoras**. Anais XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Januária, Minas Gerais, julho de 2003.

TRAVASSOS, L. E. P. et al. Disposição de resíduos sólidos no entorno da Lagoa do sumidouro, APA carste de Lagoa Santa, Minas Gerais. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí - UFG**, Jataí, Goiânia, n. 6, jan-jun 2006.

VASCONCELOS, M. B., SILVA, C. M. S. V., SANTIAGO, M. M. F., **Aluviões como fonte de suprimento hídrico de pequenas comunidades: um caso de distrito de São Francisco – Meruoca-Ce**. 2002. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, 2002.

VIEIRA, A. T., AGUIAR, R. B. de., SANTIAGO, M. M. F. **Qualidade da água subterrânea da faixa costeira oeste do Estado do Ceará**. 1998. III Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, Recife. Anais do III Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, Recife: SRH, v. 1. p. 116 -123. 1998.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)