

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

JOSÉ ITAMAR FROTA JÚNIOR

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO
TRECHO PERENIZADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CURU, CEARÁ**

FORTALEZA - CEARÁ

2006

JOSÉ ITAMAR FROTA JÚNIOR

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO
TRECHO PERENIZADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CURU, CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Irrigação e Drenagem, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre.

Orientador: Profa. Ph.D. Eunice Maia de Andrade

FORTALEZA - CEARÁ
2006

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Agronomia – área de concentração Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida desde que feita de conformidade com as normas da ética científica.

José Itamar Frota Júnior, Eng^o. Agr^o

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 31/08/2006

Profa. Eunice Maia de Andrade, Ph.D. - UFC

(Orientadora)

Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr. - UFC

(Conselheiro)

Morsyleide de Freitas Rosa, Dra. – EMBRAPA

(Conselheira)

“Uma geração vai-se, e outra geração vem, mas a terra permanece para sempre”.

Eclesiastes 1:4

A meus pais, José Itamar Frota e Madalena Frota. A meus queridos filhos Mariana e Guilherme. A minha companheira Marcivânia. As minhas irmãs Sâmia e Najla.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente nos momentos bons e difíceis, agradeço por mais uma vitória em minha vida.

A meus pais, Itamar Frota e Madalena Frota, a minha irmã Sâmia, fonte de inspiração profissional e a minha irmã Najla.

A minha querida esposa Marcivânia, companheira de todas as horas e meus filhos amados Mariana e Guilherme.

À professora Eunice Maia de Andrade pelo incentivo, dedicação, compreensão, amizade e exemplo de profissionalismo com que conduziu a orientação desse trabalho.

À Universidade Federal do Ceará – UFC, através do Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade única de crescimento profissional.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará: Adunias Teixeira, Benito Azevedo, Claudivan Feitosa, Eunice Andrade, Fernando Felipe Hernandez, Marcus Bezerra, Raimundo Nonato Costa e Thales Vinícius Viana, pela amizade e os ensinamentos transmitidos.

Aos colegas e amigos do mestrado: Alexandre Aquino, Alexandre Maia, Deodato, Eliana Lee, Ênio Girão, Esaú Ribeiro, Francisco Sildemberny, Francisco Suassuna, Guilherme Bonfim, Helba Araújo, José Otacílio, Kelly Tagianne, Lílian Cristina, Luis Carlos Guerreiro, Marcelo Régis, Maria do Socorro, Marcos Meireles, Mauro Regis, Moacir Rabelo, Neuzo Batista, Raimundo Alípio, Robson Alexsandro, Rodrigo Peixoto, Thales Gomes e Wlisses Matos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará: Almiro Tavares, Antônia Farias (Toinha), Aurilene, Gláucia, Ivan Martins, Maurício Rodrigues, Josenias de Oliveira, Luiza Marillac, Maria Fátima Santos, Maria das Graças, Willa de Sousa e Ana Maria (Aninha).

Aos colegas da EMATERCE de Itapipoca, em especial o amigo Antônio José Praciano Sampaio, gerente regional do Agropolo Meio Norte, sem os quais seria impossível a

finalização desta dissertação, tanto pelos computadores cedidos em Itapipoca no período noturno, como pela disponibilidade de tempo para ir a Fortaleza.

A Dra. Márcia da COGEHR, que gentilmente, cedeu o Plano Diretor da Bacia do Curu, documento imprescindível para realização do trabalho.

A Jane Berthjer então secretária de agricultura de Itapipoca em 2004, pelas condições dadas para cursar as cadeiras do mestrado em Fortaleza.

Aos colegas de curso e sempre amigos Ana Célia, Luis Carlos, Marcos Meireles e em especial o amigo Mauro Régis, que me auxiliou na configuração deste trabalho.

Aos alunos de graduação em agronomia Joseilson de Oliveira, Francisco Lobato, Frédson e Deodato.

A todos os parentes e amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização do trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. O recurso água e a irrigação.....	19
2.2. Qualidade das águas de irrigação e de uso humano.....	20
2.3. Fatores que influenciam na qualidade das águas.....	22
2.4. Influência da sazonalidade na qualidade das águas.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1. Descrição da área de estudo.....	28
3.1.1. Localização.....	28
3.1.2. Clima.....	29
3.1.3 Histórico das precipitações.....	30
3.1.4. Relevo.....	30
3.1.5. Geologia.....	30
3.1.6. Solos.....	31
3.2. Monitoramento.....	33

3.2.1. Pontos de coleta.....	33
3.2.2. Período de realização das coletas.....	34
3.2.3. Procedimentos para a coleta das águas.....	35
3.2.4. Parâmetros analisados.....	36
3.2.5. Análise dos dados.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Variabilidade Espacial.....	38
4.1.1. Magnésio.....	38
4.1.2. Sódio.....	40
4.1.3. Potássio.....	42
4.1.4. Cloreto.....	44
4.1.5. Bicarbonato.....	46
4.1.6. Cálcio.....	48
4.1.7. Condutividade Elétrica (CE).....	49
4.1.8. Razão de Adsorção de Sódio (RAS).....	51
4.1.9. Sólidos dissolvidos (SD).....	52
4.1.10. pH.....	55
4.2. Variabilidade Temporal.....	56
4.2.1. Magnésio.....	57
4.2.2. Sódio.....	58
4.2.3. Potássio.....	59

4.2.4. Cloreto.....	60
4.2.5. Bicarbonato.....	62
4.2.6. Cálcio.....	63
4.2.7. Condutividade Elétrica (CE).....	64
4.2.8. Razão de Adsorção de Sódio (RAS).....	65
4.2.9. Sólidos dissolvidos.....	66
4.2.10. pH.....	68
4.3. Classificação das águas estudadas.....	68
4.3.1. Período seco.....	69
4.3.2. Período chuvoso.....	70
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Açudes existentes na bacia do Curu com capacidade > 7 hm ³	29
TABELA 2 - Identificação e localização dos pontos de coleta, bacia do Curu, 2005.....	34
TABELA 3 - Parâmetros para avaliação da qualidade da água e metodologias analíticas utilizadas.....	36
TABELA 4 - Valores dos quadrados médios (Q.M), F calculado (Fc), e da significância estatística (Pr) de probabilidade dos parâmetros de qualidade de água.....	37
TABELA 5 - Teste de comparação das médias dos parâmetros de qualidade de água.....	38
TABELA 6 - Coeficientes de variação temporal para as variáveis estudadas.....	56

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Mapa da bacia hidrográfica do Curu.....	28
FIGURA 2 -	Média das precipitações no município de Pentecoste-Ceará (posto 347).....	30
FIGURA 3 -	Mapa de solos da bacia do Curu e pontos de coleta.....	31
FIGURA 4 -	Coleta de água no canal da Fazenda Experimental Vale do Curu, ponto 2.....	35
FIGURA 5 -	Variabilidade espacial dos valores médios de magnésio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	40
FIGURA 6 -	Variabilidade espacial dos valores médios de sódio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	42
FIGURA 7 -	Variabilidade espacial dos valores médios do potássio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	43
FIGURA 8 -	Lavagem de roupas no rio Canindé na zona urbana de Pentecoste.....	44
FIGURA 9 -	Variabilidade espacial dos valores médios do cloreto na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	45
FIGURA 10 -	Canal de entrada da água para a Fazenda Experimental do Vale do Curu, Pentecoste.....	47
FIGURA 11 -	Variabilidade espacial dos valores médios de bicarbonato na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	48

FIGURA 12 - Variabilidade espacial dos valores médios de cálcio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	49
FIGURA 13 - Variabilidade espacial dos valores médios da condutividade elétrica na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	51
FIGURA 14 - Variabilidade espacial dos valores médios da RAS na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	52
FIGURA 15 - Vista do rio Caxitoré, 2005.....	53
FIGURA 16 - Variabilidade espacial dos valores médios dos sólidos dissolvidos na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	54
FIGURA 17 - Variabilidade espacial dos valores médios do pH na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	55
FIGURA 18 - Variação sazonal dos valores médios do íon magnésio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	58
FIGURA 19 - Variação sazonal dos valores médios do íon sódio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	59
FIGURA 20 - Variação sazonal dos valores médios do íon potássio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	60
FIGURA 21 - Variação sazonal dos valores médios do íon cloreto ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	61
FIGURA 22 - Variação sazonal dos valores médios do bicarbonato ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	63

FIGURA 23 -	Variação sazonal dos valores médios do íon cálcio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	64
FIGURA 24 -	Variação sazonal dos valores médios da Condutividade ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	65
FIGURA 25 -	Variação sazonal dos valores médios da RAS ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	66
FIGURA 26 -	Variação sazonal dos valores médios dos sólidos dissolvidos ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	67
FIGURA 27 -	Variação sazonal dos valores médios do pH ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.....	68
FIGURA 28.	Diagrama de Piper para o período seco.....	69
FIGURA 29.	Diagrama de Piper para o período chuvoso.....	70

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas na região perenizada da bacia hidrográfica do Curu, avaliando os efeitos da ação antrópica e influência dos tipos de solos da região. Foram avaliados os seguintes parâmetros: cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), ânions (HCO_3^- e Cl^-) e demais parâmetros: RAS, Condutividade Elétrica, pH e Sólidos Dissolvidos. Foram coletadas amostras de água em nove pontos distribuídos ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, durante o período de um ano. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Água da Universidade Federal do Ceará. Os valores médios dos parâmetros foram avaliados em relação a variabilidade espacial e temporal. Realizou-se a Análise de Variância a 5% e de comparação das médias pelo Teste de Tukey a 1% para os dados referentes à variabilidade espacial. Com relação à variabilidade temporal foram analisados os valores médios dos períodos seco e chuvoso para comparação posterior dos resultados e classificação de suas águas através do Diagrama de Piper. Os resultados evidenciaram incremento de sais ao longo da bacia. No ponto 1 (Serrota-Pentecoste) o valor médio encontrado para o sódio foi de $1,92 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, enquanto no ponto 9 (Fazenda Pedras-Paraipaba) foi de $3,47 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Ficou nítida a influência antrópica na qualidade das águas estudadas ao longo de toda a bacia, as diferenças mais significativas entre os parâmetros foram observadas entre os pontos P1, P2 e P3 parte media da bacia do Curu e P8 e P9 (parte baixa da bacia do Curu), onde a partir do ponto 6, o rio recebe águas de drenagem dos perímetros irrigados e efluentes dos esgotos. Quanto a sazonalidade, observou-se que de maneira geral houve incremento nos valores médios encontrados no período chuvoso, fato justificado pelo aumento da drenagem superficial e lavagem dos sais oriundos dos perímetros irrigados inseridos na bacia. Com relação à classificação das águas estudadas, as mesmas foram classificadas como cloretadas.

Palavras Chave: Salinidade, contaminação, qualidade das águas, águas superficiais.

ABSTRACT

This research aims analyze the spatial and temporal variability in quality of the water used to perennialized area the hydraulic basin of river Curu, Ceara state, Brazil, evaluating the effects of the anthropic action and the influence of the different types of soils in the region. The following parameters were appraised: cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), anions (HCO_3^- , Cl^-) and also: SAR, electric conductivity, pH and dissolved solids. During a period of one year, samples of water were collected in nine points distributed along the perennialized part of the basin of Curu and were analysed in the Soils and Water Laboratory at Federal University of Ceara State. Spatial and temporal variability were considered in the analysis of the medium values of the parameters. Spatial variability was appraised using the Analysis of Variance to 5% and the comparison of the averages with the Test of Tukey to 1%. Regarding the temporal variability, the medium values of the periods dry and rainy were compared and analyzed, in order to classificcate waters using the Diagram of Piper. The results evidenced increment of salts along the basin. In the point 1 (Serrota-Pentecoste) the medium value found for sodium was of $1,92 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, while in the point 9 (Pedras Farm-Paraipaba) it was of $3,47 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. It was clear the anthropic influence in the quality of the water studied along the whole basin. The most significant differences in the parameters were observed among the points P1, P2 and P3 in the middle part of the basin of Curu, and P8 and P9 in the low part of the basin, where from the point 6, the river receives waters of drainage of irrigated perimeters and effluents of sewers. In respect of seasonality, an increment in the medium values was observed in the rainy period, justified for the increase of superficial drainage and wash of the salts, originated from the irrigated perimeters located in the basin. With the results of the analysis, the studied waters were classified as chlorinated.

Key words: Salinity, contamination, quality of the waters, superficial waters.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial aliado às altas taxas de consumo de água e à contaminação por ações antrópicas, vem comprometendo a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos.

A Região Nordeste do Brasil apresenta como característica marcante a má distribuição das chuvas, concentradas praticamente em um único trimestre no ano. Desta maneira a utilização adequada e criteriosa dos recursos hídricos torna-se uma estratégia primordial para o desenvolvimento desta região. Os açudes públicos tornaram-se cruciais para sobrevivência do povo nordestino e estratégicos para ações voltadas à exploração agropecuária na região (PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CURU, 1996).

Desde os anos 70, começaram a ser implantados projetos de irrigação como um dos mecanismos de convivência com as secas. Especialmente no Nordeste a irrigação se dá com o aproveitamento de reservatórios ou açudes por meio da perenização dos rios (SANTIAGO, 1984). Um bom exemplo desse aproveitamento é o caso dos Açudes General Sampaio, Pereira de Miranda e Caxitoré, na bacia hidrográfica do Curu.

A perenização do rio Curu é de vital importância para aqueles que utilizam suas águas em toda a extensão da parte média e baixa de sua bacia hidrográfica. No entanto, alguns aspectos devem ser considerados para a utilização destas águas, especialmente no que diz respeito às características físico-químicas e suas conseqüências na utilização em lavouras, ou no abastecimento humano (SANTIAGO, 1984).

A qualidade das águas de irrigação é determinada pela quantidade e natureza dos solutos e pelos materiais em suspensão presentes. Nas águas naturais, os materiais suspensos são constituídos de soluções de sais inorgânicos dissolvidos, resultantes de lavagens de rochas e minerais dos solos. A irrigação, o uso e reuso de águas urbanas e inseticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, nematicidas, fitohormônios, detergentes, sais de metais pesados e muitos compostos orgânicos tornam a água menos utilizável tanto para a irrigação como para outros usos (SKORGERBOE et al., 1997).

Os sais comumente encontrados nas águas de irrigação, como os cloretos, carbonatos, bicarbonatos associados aos elementos cálcio, magnésio, potássio e sódio, podem originar alguns problemas com relação à absorção de água pelas plantas, causando desta maneira a deficiência hídrica nas mesmas (PEREIRA et al., 1992). Este problema torna-se

mais acentuado nas regiões áridas e semi-áridas de clima quente, onde o uso da técnica de irrigação é efetuada em época de estiagem onde há maior evaporação e, conseqüentemente, maior concentração dos sais, passando a existir uma grande possibilidade dos mesmos degradarem os solos irrigados (PORTO et al., 1991; CAVALCANTE & LIMA, 2000; ANDRADE et al., 2001).

Este trabalho teve como objetivo a avaliação da qualidade das águas para irrigação e consumo humano ao longo do trecho perenizado do rio Curu, levando em consideração os principais fatores que podem influenciar nos parâmetros físicos e químicos das águas, tais como: fatores antrópicos, relevo, clima e solos, assim como a variabilidade espacial e temporal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O recurso água e a irrigação

Estão nos oceanos, portanto salinizados, 97% das águas do Planeta. Apenas 1% constitui rios e lagos, conforme dados do Serviço Geológico do Brasil. Trata-se, portanto, de um recurso escasso tido erroneamente como renovável, quando os estudos atuais apontam para sua degradação paulatina, ao longo do tempo. Hoje já existe escassez de água para um terço da humanidade. Em 2025, essa escassez atingirá dois terços da população mundial. (REVISTA ECONÔMICA DO NORDESTE, 2000).

A Região Nordeste do Brasil apresenta deficiência de água em mais de 50% de sua área como decorrência, seja dos escassos depósitos subterrâneos (59% de sua área é de formação cristalina onde o armazenamento da água ocorre em fraturas) seja pela pluviosidade anual, que embora nos anos normais não atinja valores críticos, apresenta com o tempo, uma distribuição irregular, concentrando-se em um único trimestre. Além das condições geológicas, da irregularidade e da pluviosidade, a região caracteriza-se por uma escassez periódica de chuvas, *as secas*, que corresponde à falta de água para o desenvolvimento das atividades agropecuárias tradicionais e ao consumo humano (SANTIAGO, 1984).

A região semi-árida do Nordeste, também conhecida por Polígono das Secas, abrange os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (CRUZ et al., 1999) e apresenta como principal característica hidrográfica a intermitência de quase todos os seus rios que deságuam no Oceano Atlântico. Esses rios estão sendo barrados com a finalidade de acumulação de água durante a estação chuvosa para aproveitamento na irrigação, pesca, aquicultura, agricultura de vazante, pecuária e abastecimento público (GURGEL, 2001).

A agricultura irrigada é a atividade humana que demanda maior quantidade de água. Em termos mundiais, estima-se que esse uso responda por cerca de 80% das derivações de água. No Brasil, esse valor supera os 60% (GRAZIANO, 1998). A irrigação exige água de boa qualidade e, em grandes projetos, implica em obras de regularização de vazões que interferem no regime fluvial e no meio ambiente.

O crescimento, em larga escala, da agricultura irrigada nas regiões secas do globo promoveu a substituição de baixas taxas de evapotranspiração por altas, em uma superfície de, aproximadamente, 110 milhões de hectares (WICHELNS et al., 2002). Tal ação resulta em altas concentrações de sais no solo que, muitas vezes, vão além da capacidade de suporte do

recurso. No entanto, sabe-se que estes sais já se faziam presentes na bacia, na forma de sais dissolvidos nas águas de irrigação (superficiais e subterrâneas).

Pesquisadores como Smedema & Shiati (2002) afirmam que, mesmo em uma visão conservacionista, de três a cinco toneladas de sais são adicionados, por hectare irrigado por ano, nas regiões secas do globo. Em adição, a agricultura irrigada nestas regiões consome altas quantidades de água. Enquanto que para se produzir um quilograma de grãos em regiões úmidas é requerido menos de $0,50 \text{ m}^3$ de água, é comum nas regiões áridas esse volume variar de $1,50 \text{ m}^3$ a $2,50 \text{ m}^3$.

O alto consumo de água na irrigação tem transformado rios perenes em intermitentes ou impedido que o fluxo de água chegue a sua foz. Um exemplo desse fato, que foi muito bem publicado e discutido, é o caso dos rios Amu Darya e Syr Darva que compõem a bacia do Mar de Aral. De acordo com Smeda & Shiati (2002), entre os rios que tiveram seus cursos alterados devido à irrigação encontram-se: o rio Colorado e o rio Grande, nos Estados Unidos, o rio Amarelo, na China, o Eufrates e o Tigre, no Iraque, e o Murray, na Austrália. A redução do fluxo desses rios vem comprometendo os sistemas ecológicos e a disponibilidade hídrica durante o período de vazão mínima.

O semi-árido nordestino oferece excepcionais condições para o desenvolvimento sócio-econômico apoiado nos recursos hídricos, mesmo apresentando balanço hídrico deficitário. Sendo a água o fator limitante, os órgãos responsáveis pelo desenvolvimento do Nordeste voltaram-se para a acumulação das águas superficiais em açudes, cujo número está aumentando permanentemente (PLANO DIRETOR DA BACIA DO CURU, 1996).

2.2. Qualidade das águas de irrigação e de uso humano

A qualidade da água pode ser definida por suas características físicas, químicas ou biológicas. Para a irrigação, os parâmetros de maior importância são os químicos e em alguns casos, como o das hortaliças de consumo *in natura*, os biológicos também devem ser levados em consideração. Porém, mesmo com a irrigação sendo praticada há vários milênios, a importância da qualidade da água só começou a ser reconhecida a partir do início do século XX (WILCOX & DURUM; citados por HOLANDA & AMORIM, 1997).

Está ficando cada dia mais difícil ignorar a seriedade e a intensidade dos problemas de qualidade da água. A crescente sensibilização da sociedade com os problemas de qualidade da água, associada à percepção pública negativa com relação a alguns empreendimentos específicos, muitos em decorrência da qualidade das águas represadas têm demonstrado a importância de melhor entender esses complexos sistemas aquáticos (PLANO DIRETOR DA BACIA DO CURU, 1996).

A agricultura irrigada depende tanto da qualidade quanto da quantidade da água, no entanto, o aspecto qualidade tem sido desprezado. Antigamente as águas de boa qualidade eram abundantes, todavia esta situação nos dias de hoje é diferente, o seu uso intensivo fez com que as mesmas escasseassem, obrigando assim, o uso de águas de qualidade duvidosa, tanto para consumo humano e animal, como na agricultura (AYERS & WESTCOT, 1999).

As águas de rios variam bastante, mas geralmente, são de boa qualidade. Os rios perenizados se destacam com águas de melhor qualidade e menor variação sazonal. É claro que neste caso, esta qualidade reflete estritamente a do reservatório de regularização, o que leva a se ter prudência diante deste resultado, sabendo-se que os açudes podem apresentar qualidade diversificada (SUASSUNA & AUDRY, 1992).

O abastecimento público constitui, sem dúvidas, o uso prioritário da água, pois dele depende direta e/ou indiretamente, todas as demais atividades humanas. Além disso, a água apresenta uma multiplicidade de usos, alguns mais, outros menos exigentes com relação a sua qualidade e sua quantidade (LATUF et al., 2005).

No Nordeste brasileiro, de uma maneira geral, a água de irrigação é a mesma que o homem rural usa para o seu consumo; portanto, a qualidade de água para irrigação não pode ser vista com a única diretriz de se estudar somente as limitações e alternativas para se obter uma maior produtividade ou conservação do solo. Torna-se necessário, também, se avaliar a água com relação ao consumo humano (HELENA et al., 2000; ANDRADE et al., 2003; PALÁCIO, 2004).

2.3. Fatores que influenciam na qualidade das águas

A forma de determinação da qualidade da água é a medida de múltiplos parâmetros, feitos em épocas diferentes e originados de diferentes estações de monitoramento (CAPMAN, 1992 apud WUNDERLIN et al., 2001).

Quando se trata da irrigação a qualidade da água pode variar de acordo com o tipo e a quantidade de sais nela dissolvidos que, mesmo sendo encontrados em quantidades pequenas, porém muitas vezes significativas, tem sua origem na intemperização das rochas e dos solos, pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais, que são levados pelas águas de irrigação e se depositam no solo acumulando à medida que a água evapora ou é consumida pelas culturas (RHOADES et. al., 1992).

Leprun (1983) destaca que a qualidade das águas superficiais no Nordeste brasileiro (composição química e, sobretudo, nível de concentração), está claramente relacionada, de um lado, com a natureza do substrato local, especificamente a natureza da rocha e tipo de solo, e de outro, com o seu modo de jazimento, sendo as águas dos lençóis notadamente mais concentradas do que as de superfície (rios e açudes, ainda que, para estes últimos observa-se uma grande diversidade de comportamento).

A variação na composição e qualidade das águas destinadas à irrigação depende da zona climática, fonte da água, trajeto percorrido, época do ano, geologia da região e manejo adotado na irrigação (SHALHEVET & KAMBUROV, 1976). Segundo Yaron (1973) a composição de determinada água está de acordo com o tipo de rocha e solo sobre o qual ela flui e da composição iônica da rocha matriz onde ela é armazenada.

Para Branco e Rocha (1982), a qualidade da água é afetada por fatores climáticos (insolação, vento, precipitações e temperatura), pela origem do manancial (rios, lagos ou águas subterrâneas), pelas características do manancial (solo, vegetação costeira, tamanho e forma, ganho e perda de água, pelas espécies de seres vivos presentes e dinâmica das comunidades) e fatores antrópicos. (atividades variadas que poluem o ar, o solo e a água).

As bacias hidrográficas apresentam-se como unidades fundamentais para planejamento do uso e conservação ambiental e mostram-se extremamente vulneráveis às atividades antrópicas que podem originar impactos negativos ao meio ambiente, na economia da região e conseqüentemente na própria qualidade de vida da população (GORAYEB, 2004).

O ambiente urbano quase sempre contribui para a deterioração dos recursos hídricos em virtude do uso desordenado das reservas naturais que impõe danos à natureza transformada pela urbanização (NEWELL et al.,1990).

É de fundamental importância distinguir quais são os impactos diretamente ligados à massa populacional e por ela deflagrados assim como, as formas pelas quais a sociedade orienta sua economia, isto é, pressiona os meios produtivos que, por sua vez, impactam o ambiente para extrair os insumos necessários à produção (NEWELL et al.,1990).

Nos centros urbanos, a falta de sistemas de esgotamento sanitário contribui para parte dos dejetos cheguem aos rios e reservatórios. Já nos perímetros irrigados, o uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas é o maior causador de problemas com poluição dos corpos d'água. (PLANO DIRETOR DA BACIA DO CURU, 1996).

Gorayeb (2004), estudando a qualidade das águas em seções de rios na bacia hidrográfica do Curu, observou que do alto ao baixo curso do rio Curu, a qualidade da água da bacia é influenciada diretamente por fatores naturais, pela drenagem dos perímetros irrigados, pela atividade de aqüicultura e, principalmente, pela precária infra-estrutura de saneamento básico.

A qualidade da água na bacia do Curu é também bastante afetada pela presença de concentrações “excessivas” de sais, atingindo com maior intensidade os açudes. Isto pode acarretar problemas consideráveis para a agricultura da região e para o abastecimento público, já que muitas comunidades dependem de águas de reservatórios para satisfazer suas necessidades básicas (PLANO DIRETOR DA BACIA DO CURU, 1996).

Pereira et al. (1983), estudando a qualidade das águas de irrigação do perímetro irrigado do Vale do Curu, observaram queda na qualidade ao comparar as águas do Canal da Fazenda Experimental do Vale do Curu (FEVC) com as águas do Perímetro Curu-Paraipaba, que dista 50 km.

Autores como Brooks et al. (1993) comentam que a qualidade das águas na parte baixa de uma bacia expressa o manejo que está sendo aplicado aos recursos naturais à montante daquele ponto, sugerindo, desta maneira, ação antrópica.

No Projeto de irrigação Curu-Paraipaba a água é bombeada do rio Curu, juntamente com as águas oriundas dos açudes General Sampaio, Pereira de Miranda e Caxitoré, de onde vem também, toda a água de drenagem da irrigação do Vale do Curu (PEREIRA et al., 1983).

Damasceno et al. (2005), em estudo realizado para a análise de qualidade das águas do rio Poty para consumo humano na região de Teresina-PI, observaram que em vários trechos, a água do rio era utilizada para lavagem de roupas e utensílios, e os mesmos contribuiu para o incremento de cargas poluidoras do rio, associados ao lançamento de esgotos domésticos que em geral contém elevadas concentrações de cloreto e sódio.

Lima et al. (2005), em estudos sobre a variação das concentrações dos íons sulfato, cálcio e magnésio no Açude Santo Anastácio, observaram que a quantidade de sais dissolvidos naquelas águas, sofria influência direta da ação antrópica em decorrência de sulfatos e carbonatos de cálcio e magnésio presentes em materiais usados na construção das residências da população que habita as redondezas do açude, o que é mais acentuado nas adjacências e na desembocadura do açude.

Rodrigues et al. (2005), avaliando a condutividade elétrica (CE) e os níveis do íon sódio no lençol freático do Baixo Acaraú-CE, observaram que, em dois poços estudados, os valores da condutividade elétrica encontravam-se acima de $2,50 \text{ dS m}^{-1}$. Os motivos responsáveis por esse alto valor podem estar relacionados com altas concentrações de sódio verificadas nas análises e também com possíveis contaminações dos aquíferos em função da ação antrópica, uma vez que estes poços são utilizados essencialmente para consumo humano.

De acordo com Leprun (1983), o aumento da concentração salina das águas, proporciona maiores incrementos de cloreto de sódio, em detrimento de bicarbonatos de cálcio e magnésio que tendem a precipitar em virtude da baixa solubilidade.

Trabalhos realizados por Amancio et al. (2004), em estudos sobre qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do Curu, afirmaram que a concentração de íons no açude Pereira de Miranda em Pentecoste, Ceará, é menor que no rio Canindé, localizado à jusante do mesmo.

D’Almeida et al. (2005), estudando o impacto da irrigação em áreas exploradas com a cultura da banana na região da Chapada do Apodi, observaram um aumento na concentração de cloretos em virtude possivelmente da adubação utilizada (Cloreto de Potássio).

2.4. Influência da sazonalidade na qualidade das águas

Um inventário, apesar de reduzido e preliminar, deve mostrar que para elaborar um projeto de pequena irrigação na região cristalina do Nordeste é necessário considerar, imprescindivelmente, além da disponibilidade quantitativa de água, o fator qualidade e a variação sazonal desta qualidade e que esses parâmetros devam ser avaliados na época do ano em que cheguem a ser mais adversos (SUASSUNA & AUDRY, 1992).

No Nordeste brasileiro existem milhares de poços e açudes cujas águas são utilizadas para irrigação, representando um importante insumo na cadeia produtiva; no entanto, sua qualidade varia no tempo e no espaço. O uso de água de má qualidade pode trazer danos ao meio ambiente, com sérios reflexos sócio-econômicos (SILVA JÚNIOR et al., 1999).

No Brasil, a região semi-árida é caracterizada por um período curto de chuvas, seguido de um longo período de seca. Deste modo, os corpos d’água sofrem constantes alterações no seu volume hídrico, e, conseqüentemente, nas suas características físicas e químicas (VIEIRA et al., 2005). Não obstante, um dos aspectos mais importantes observados no funcionamento destes ecossistemas é a alteração da qualidade da água devido à variação no volume hídrico (CRISPIM et al., 2000).

A concentração de sais nas águas utilizadas para irrigação na região semi-árida brasileira varia bastante de um lugar para outro e há evidência dessa variação ao longo do tempo, principalmente no caso de pequenos açudes (LARAQUE, 1989; AUDRY & SUASSUNA, 1990) citados por SANTOS (2000).

A alta taxa de evaporação acaba por concentrar as substâncias dissolvidas na água, tais como nutrientes e sais dissolvidos. Por conta disso, há um aumento no estado trófico desses ambientes, que com o advento das chuvas tendem a melhorar a sua qualidade, pela entrada de água no ecossistema. Assim, pode-se dizer, que alguns parâmetros são dependentes diretamente do ciclo hidrológico, nomeadamente do período chuvoso (CRISPIM et al., 2000).

Palácio et al. (2004), avaliando a qualidade das águas do vale perenizado do rio Trussu-CE, observaram uma tendência na melhoria da qualidade destas águas nos meses de abril e maio de 2003, bem como para janeiro e fevereiro de 2004, meses da estação chuvosa na região.

Almeida et al. (2005), estudando a qualidade das águas em reservatórios da bacia metropolitana de Fortaleza-CE para uso em irrigação, observaram que a diluição de sais mais significativa com o valor mais baixo de condutividade elétrica ($0,31 \text{dS m}^{-1}$) foi encontrado no mês de junho, sendo abril/2000 o mês mais chuvoso e quando o reservatório atingiu a maior cota de água de 1999 a 2000.

Cruz (2001), em estudos sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do Distrito de Irrigação Jaguaribe Apodi-CE, observou que, no período de dezembro de 1999 a dezembro de 2000, os valores mínimos registrados da concentração do cátion potássio ($0,14 \text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) se encontravam acima dos níveis considerados normais para água de irrigação.

Pereira et al. (2005), estudando o processo de salinização de águas superficiais e subterrâneas em Aiuaba-CE, observaram que o comportamento da condutividade elétrica em relação ao tempo nos açudes, possui menor variação do que em cacimbas. Isto ocorre devido as águas superficiais receberem uma ação direta e maior das águas de chuvas havendo, portanto, diluição nos períodos chuvosos.

Amorim & D'Assunção (1997), estudando a qualidade das águas na bacia hidrográfica do Curu nos dois períodos do ano, seco e chuvoso, verificaram que os valores de STD (Sólidos Totais Dissolvidos) permaneceram em torno de 200 e 400 mg L^{-1} em quase todos os açudes, sendo que no Pereira de Miranda e no General Sampaio esses valores ultrapassaram 500 mg L^{-1} em dez/94, no final do período seco, sendo classificado como água salobra.

Cruz et al. (2003), estudando as águas superficiais do projeto Jaguaribe-Apodi-CE, observaram que a condutividade elétrica das águas superficiais ao longo do período estudado apresentou, de maneira geral, um valor médio entre $0,25 \text{dS m}^{-1}$ e $0,39 \text{dS m}^{-1}$, expressando uma pequena variabilidade, tanto temporal como espacial. Nos meses de fevereiro, junho e dezembro de 2002 foi observada pequena elevação nos valores da CE, porém, essa tendência foi a mesma para todos os pontos.

Afonseca et al. (2005), em estudo de ação do clima na dinâmica do nitrato e cloreto no lençol freático do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (DIBA-CE), observaram uma maior concentração do íon cloreto nas águas do lençol freático, durante e após a estação chuvosa. Isto pode ter ocorrido devido ao processo de lixiviação ser muito intenso na área em estudo, uma vez que os solos são classificados como arenosos, com alta permeabilidade propiciando o arraste deste elemento.

Primavesi (1990), afirmou que em quase todos os solos tropicais, há deficiência de cálcio, em virtude deste elemento ser o primeiro cátion a ser lixiviado, contudo, a esta lixiviação é proporcional à do potássio e do magnésio.

Autores como Pizarro (1978), afirmam que águas com condutividade elétrica inferior a $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ e, particularmente, abaixo de $0,20 \text{ dS m}^{-1}$ tende a lixiviar os sais e minerais solúveis, incluindo os de cálcio, reduzindo desta maneira, a sua influência sobre a estabilidade dos agregados e estrutura do solo.

Audry e Suassuna (1990), em estudo sobre a qualidade da água para irrigação no Nordeste brasileiro (PE, CE, RN e PB), mostraram que águas com CE superior a $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam teores de bicarbonato menores que o de cloreto.

Mesquita (2004), estudando a qualidade das águas empregadas nos distritos irrigados da bacia do Acaraú-CE, observou que as maiores concentrações de sais foram registradas no período chuvoso.

Ribeiro et al. (2005), estudando os parâmetros físicos, químicos e biológicos de uma fonte hídrica superficial, observaram que no período chuvoso ocorre incremento dos valores dos parâmetros físicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

3.1.1. Localização

O estudo foi conduzido ao longo da bacia hidrográfica do rio Curu, localizada entre as coordenadas geográficas 3° 20' e 4° 36' de latitude Sul e 38° 55' e 39°50' de longitude Oeste, Figura 1, limitando-se ao norte, com o Oceano Atlântico, a leste com a Bacia Metropolitana e a oeste com as bacias do Acaraú e Banabuiú. Na Figura 1, o destaque dos pontos analisados, e no anexo, o mapa da bacia hidrográfica com os pontos analisados georreferenciados e seus municípios, distritos, rios, etc.

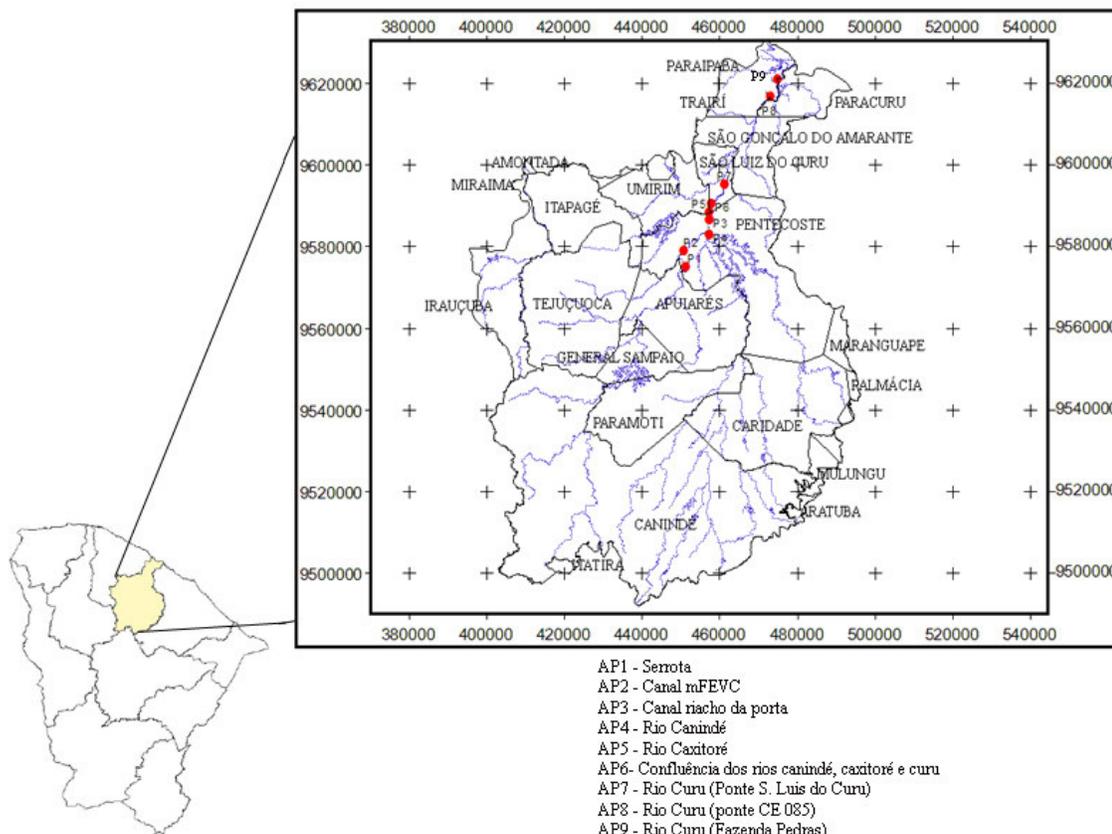


FIGURA 1 - Mapa da bacia hidrográfica do Curu.

O principal rio da bacia é o Curu, que possui uma extensão de 195 km, desde as nascentes até a foz, onde deságua no litoral oeste do Ceará, entre os municípios de Paracuru e

Paraipaba. Seus afluentes mais significativos são os que comportam os principais açudes da bacia: Frios, Caxitoré e Tejuçuoca, na margem esquerda e Canindé, Capitão-Mor e Melancia, na margem direita (GORAYEB, 2004).

A Tabela 1 apresenta valores referentes à capacidade (C), em hm^3 , a vazão regularizada (Q_r), em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, e a altura máxima, em m, dos reservatórios. Na área em estudo, existem dois perímetros irrigados, o Curu-Pentecoste e o Curu Paraipaba.

TABELA 1 - Açudes existentes na bacia do Curu com capacidade $> 7 \text{ hm}^3$.

Açude	C (hm^3)	Q_r ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	$H_{\text{máx}}$ (m)	Usos dos reservatórios
Frios	33,00	0,53	21,00	Abastecimento de Umirim, regularizar rio Curu.
Caxitoré	202,00	2,47	18,00	Abastecimento de Umirim, regularizar rio Curu.
Pereira de Miranda	395,60	3,50	23,00	Abastecimento de Pentecoste regularizar rio Curu.
Tejuçuoca	40,70	0,46	21,00	Abastecimento de Tejuçuoca, regularizar rio Curu.
Gal. Sampaio	322,30	3,15	37,60	Abastecimento de Gal. Sampaio, regularizar rio Curu.
São Mateus	10,30	0,04	22,40	Abastecimento de Canindé.

FONTE: Adaptado do Plano Diretor da Bacia do Curu (1996).

3.1.2. Clima

Segundo a classificação de Koopen, o clima da região em estudo é do tipo Aw' quente e úmido na parte baixa da bacia, com chuvas de outono, alcançando valores máximos nos meses de março e abril. O período seco se prolonga de julho a dezembro, ocorrendo menores precipitações nos meses de outubro e novembro. A precipitação anual média é de 1020 mm. A temperatura média anual é de $26,3^\circ\text{C}$, com máxima de 35°C em fevereiro e mínima de 18°C em julho. Já as partes altas da bacia do Curu apresentam clima do tipo BSh'w', semi-árido quente com chuvas de outono, com temperaturas médias sempre superiores a 18°C .

3.1.3. Histórico das precipitações

A Figura 4, mostra a média de precipitações no posto 347, localizado no município de Pentecoste, observa-se que os meses compreendidos entre janeiro e junho de 2005, correspondem a estação chuvosa, sendo os demais considerados como estação seca.

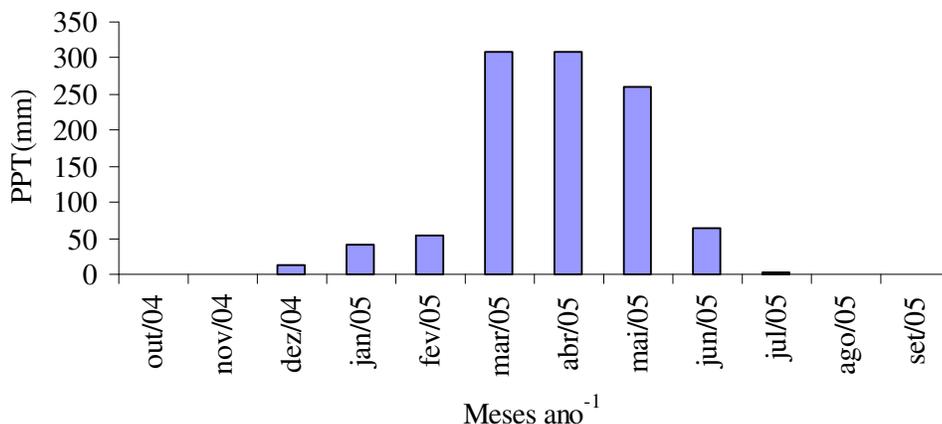


FIGURA 2 - Média das precipitações no município de Pentecoste-CE (posto 347).

3.1.4. Relevo

A área em estudo está localizada em um platô com altitudes variando de 30 a 90 metros. O relevo é suavemente ondulado, com declividade mais íngreme no sentido dos “talweges” principais da área. O fato de a área estar encravada em uma unidade geomorfológica denominada tabuleiro e superfícies similares representa uma característica de regiões próximas ao litoral e classificadas como sendo do grupo barreirais com solos situados nas classes 2 e 3 para irrigação.

3.1.5. Geologia

Cinco unidades litológicas aparecem na área, sendo quatro delas do Pré-Cambriano e uma do Quaternário, predominando as primeiras, uma vez que mais de 99% da área que compreende as bacias dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré é formada por rochas do embasamento cristalino. Por falta de dados geocronológicos e tectônicos, o posicionamento destas unidades é duvidoso, mas podem ser enquadradas em quatro unidades:

a) um complexo migmático-gnáissico; b) um complexo migmático-granitóide; c) uma unidade com quartzitos puros ou micáceos e d) um hiperstênio-diorito (SANTIAGO, 1984).

3.1.6. Solos

De acordo com a Figura 2 observa-se que a bacia do Curu tem predomínio dos seguintes solos: Argissolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Regolíticos, Luvisolos Crômicos ou Háplicos, Planossolos e os Neossolos Flúvicos, margeando o rio Curu na parte baixa da bacia.

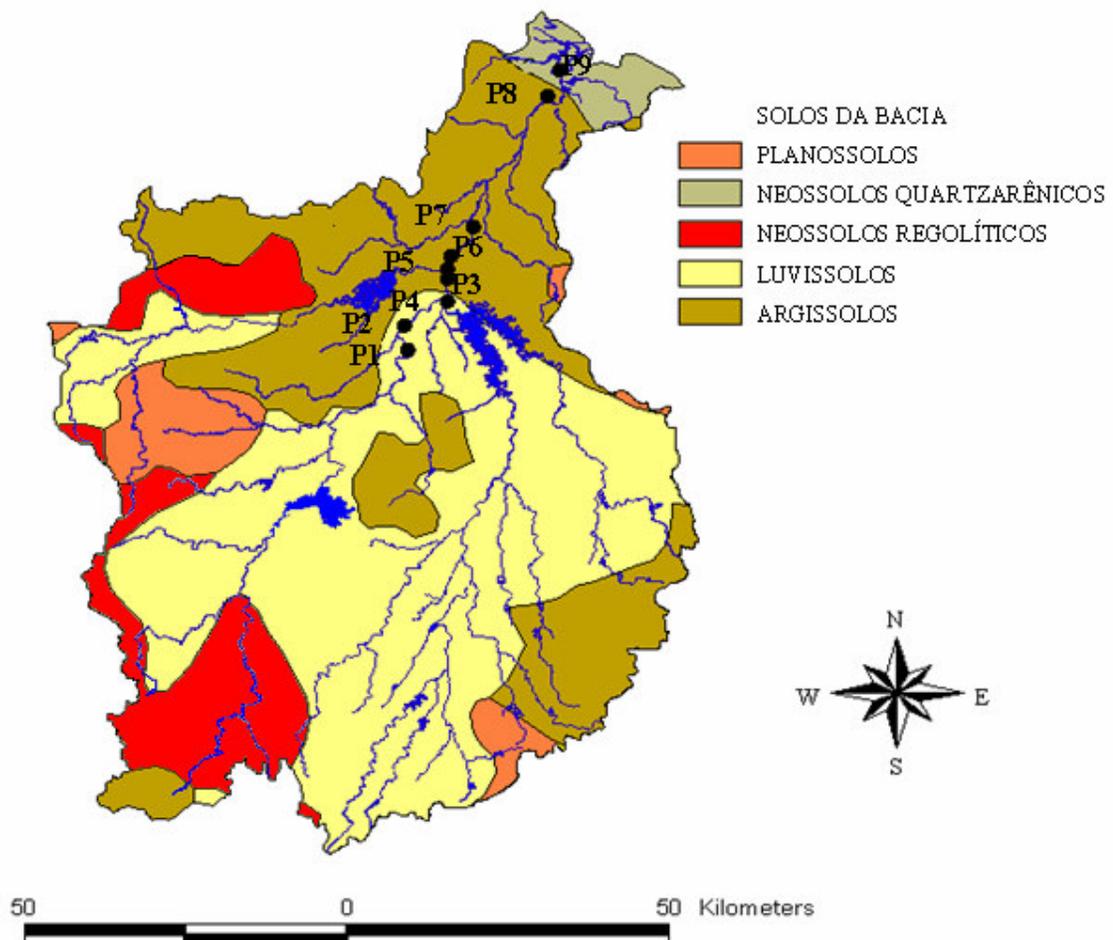


FIGURA 3 - Mapa de solos da bacia do Curu e pontos de coleta.

Argissolos – Compreende solos constituídos por material mineral, que tem como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos por serem enquadrados nas classes dos Alissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos. São fortes a moderadamente ácidos, com saturação de bases alta, ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki variando de 1,0 a 2,3 em correlação com baixa atividade das argilas (EMBRAPA, 1999).

Neossolos Quartzarênicos - São solos originados de arenitos ou sedimentos arenosos, geralmente são profundos, com baixa CTC (capacidade troca de cátions). Segundo o Plano Diretor da Bacia do Curu (1996), o transporte de sedimentos e a acumulação marinha é o principal responsável pela formação dos Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzozas). No litoral esta faixa de areia é bastante significativa. Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (EMBRAPA, 1999).

Neossolos Flúvicos – Apesar de não se destacarem, os Neossolos Flúvicos, aparecem margeando o rio Curu em algumas faixas ao longo do rio Curu na parte baixa da bacia. São oriundos de sedimentos de textura variada relativas ao Holoceno, sedimentos argilosos, arenosos e siltosos. Possuem distribuição aleatória ou estratificada de camada e distribuição irregular de “C” com a profundidade. Os solos aluvionais, segundo o Plano Diretor da Bacia do Curu (1996), são os mais ricos em todo o vale por serem constituídos de fragmentos provenientes de terras altas transportadas pelas águas escoadas. Logo, o tipo de solo (aluvião) formado dependerá da qualidade da água e de tais fragmentos. Os Neossolos Flúvicos (aluvionais) são bastante explorados para as práticas agrícolas.

Neossolos Regolíticos – Solos com horizonte C ou Cr, admite horizonte Bi com menos de 10cm de espessura, e apresenta contato lítico a uma profundidade maior que 50cm. Possui 4% ou mais de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) na fração areia grossa ou areia fina. Possui 5% ou mais do volume de massa do horizonte C ou Cr, dentro de 200 cm de profundidade, apresentando fragmentos de rocha semi-

intemperizada, saprólito ou fragmentos formados por restos da estrutura orientada da rocha (pseudomorfos) que deu origem ao solo (EMBRAPA, 1999).

Luvissolos Crômicos ou Háplicos – Solos com alta saturação por bases, possuem argila de atividade alta e podem possuir caráter solódicos. Os Luvissolos podem colaborar na composição química das águas com os elementos Ca^{+2} , Mg^{+2} e Na^{+} . Segundo a Embrapa (1999) os Luvissolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural ou B nítico, com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A fraco ou moderado, ou horizonte E. Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos, (60 a 120 cm), com seqüência de horizontes A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre os mesmos. A transição para o horizonte B textural é clara ou abrupta, e grande parte dos solos desta classe possui mudança textural abrupta. Em todos os casos, podem apresentar pedregosidade na parte superficial e o caráter solódico ou sódico, na parte subsuperficial.

Planossolos - Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã responsável pela detenção de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano. Solos desta classe podem ou não ter horizonte cálcico, caráter carbonático, fragipã, duripã, propriedade sódica, solódica, caráter salina ou sálico. Podem apresentar plintita, desde que em quantidade ou em posição não diagnóstica para enquadramento na classe dos Plintossolos (EMBRAPA, 1999).

3.2. Monitoramento

3.2.1 Pontos de coleta

A seleção dos locais para a coleta das amostras ao longo da bacia hidrográfica do Curu foi realizada observando os seguintes parâmetros: representatividade, acesso, proximidades de cidades e distribuição dos pontos de forma homogênea ao longo da bacia. Após a seleção dos pontos de amostragens, foi realizado o georreferenciamento (Tabela 2) dos mesmos para em seguida serem plotados em um mapa representativo da região. Foram escolhidos nove pontos de coleta ao longo da bacia hidrográfica (Figura 1).

TABELA 2 - Identificação e localização dos pontos de coleta, bacia do Curu, 2005.

Ponto	Corpo Hídrico	Referência	Município	Coordenadas utm	
				Y	X
1	Serrota	Vertedouro	Pentecoste	462977,	9573594
2	Canal FEVC	FEVC	Pentecoste	462437,	9577562
3	Canal Riacho da Porta	Próximo DNOCS	Pentecoste	469041,	9585154
4	Rio Canindé	Próximo cemitério	Pentecoste	469109,	9581404
5	Rio Caxitoré	P. Curu - Pentecoste	Pentecoste	469007,	9586956
6	Rios Canindé, Caxitoré e Curu	Núcleos F e G do P. Curu - Pentecoste	Pentecoste	469543,	9589068
7	Rio Curu	Ponte S. Luis do Curu	S. Luis do Curu	473122,	9593846
8	Rio Curu	Abaixo ponte CE 085	Paraipaba	484626,	9615376
9	Rio Curu	Fazenda Pedras	Paraipaba	486433,	9619646

3.2.2. Período de realização das coletas

As coletas foram realizadas entre outubro de 2004 a setembro de 2005, totalizando 12 campanhas de coleta e 102 amostras. Em dois pontos de amostragem (P2 e P3), não foi possível a coleta em três campanhas, pelo fato dos canais estarem secos. Neste período, pôde-se observar e acompanhar as alterações ocorridas nas águas superficiais em função do espaço.

As amostras foram coletadas, mensalmente, e acondicionadas em garrafas de 1 (um) litro previamente lavadas. Após a coleta, as mesmas foram enviadas ao Laboratório de Solos/Água da Universidade Federal do Ceará para análises físicas e químicas.

3.2.3. Procedimentos para a coleta das águas

No momento da coleta das águas tinha-se o cuidado de realizar uma “tríplice lavagem” no recipiente com vistas a diminuir a interferência de qualquer resíduo ou restos de outras coletas na análise laboratorial. As coletas eram realizadas contra a correnteza a uma profundidade de aproximadamente 30 centímetros, quando possível.



FIGURA 4 - Coleta de água no canal da Fazenda Experimental Vale do Curu, ponto 2.

3.2.4. Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados (Tabela 3) foram os seguintes: cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+), ânions (HCO_3^- e Cl^-) e demais parâmetros: RAS, Condutividade Elétrica (CE), pH e Sólidos Dissolvidos (SD). Para análise laboratorial, foram utilizadas as metodologias analíticas presentes na Tabela 3.

TABELA 3 - Parâmetros para avaliação da qualidade da água e metodologias analíticas utilizadas.

PARÂMETROS	UNIDADE	METODOLOGIA ANALÍTICA
Cálcio (Ca^{+2})	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	Titulação com EDTA
Magnésio (Mg^{+2})	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	Titulação com EDTA
Sódio (Na^+)	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	Fotometria de chama
Potássio (K^+)	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	Fotometria de chama
Bicarbonato (HCO_3^-)	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	Titulação com ácido sulfúrico
Cloretos (Cl^-)	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	Titulação com nitrato de prata
Razão de Adsorção de sódio (RAS)	-	Cálculo analítico
pH	-	Potenciômetro
Sais Dissolvidos (SD)	mg L^{-1}	Evaporação e pesagem
Condutividade Elétrica (CE)	dS m^{-1}	Condutivímetro

FONTE: Richards (1954) e Laboratório de Água e Solos da Universidade Federal do Ceará.

3.2.5. Análise dos dados

Para avaliação dos resultados obtidos na análise laboratorial das águas coletadas nos pontos estratégicos e da variabilidade espacial da qualidade das águas na bacia hidrográfica do Curu, foram realizados análise de variância a 5% de probabilidade e teste de Tukey para comparação das médias ao nível de significância de 1%, através do software SISVAR, além do auxílio do software Excel para análise dos dados. Utilizou-se, também, para identificar a ação da sazonalidade climática sobre a qualidade das águas na parte perenizada da bacia do Curu, o Diagrama de Piper através do software Qualigraf, obtida pelo site da FUNCEME (www.funceme.br). Esta classificação é função das concentrações de

cálcio e magnésio, da soma de sódio e potássio, e ainda, pelos ânions cloretos e sulfatos e da soma de carbonatos com bicarbonatos. Através deste diagrama, foi obtida a classificação das águas nos períodos chuvoso e seco da bacia hidrográfica do Curu.

Para efeito de avaliação de qualidade da água, foram utilizados padrões estabelecidos pela Portaria MS 518/2004 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 357/2005 para CLASSE 2, uma vez que o rio Curu ainda não foi enquadrado. Já para a utilização das águas na irrigação, utilizou-se os limites descritos por Ayers & Westcot (1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação e avaliação da variabilidade espacial dos parâmetros estudados ao longo do trecho perenizado do rio Curu foi realizada pela análise de variância a 5% de probabilidade e a comparação do teste das médias de cada íon estudado. Os valores do Quadrado das médias (Q.M.), do F calculado e da significância estatística podem ser vistos na Tabela 4. Pode-se observar, pela referida tabela, que a análise de variância foi significativa para todos os parâmetros estudados, com exceção do potássio e bicarbonato, indicando que a concentração de cada íon estudado apresenta uma variabilidade espacial significativa; a qual é resultante da geologia da região ou da ação antrópica.

TABELA 4 - Valores dos quadrados médios (Q.M.), F calculado (Fc) e da significância estatística (Pr) dos parâmetros de qualidade de água.

Parâmetros	Q.M. _{pontos}	Fc	Pr>Fc
Ca ⁺²	0,146168	2,09	0,0445*
Mg ⁺²	0,861099	5,45	0,0000**
Na ⁺	5,249173	6,73	0,0000**
K ⁺	0,004694	1,30	0,2517 ^{ns}
pH	0,67184	4,49	0,0001**
RAS	2,335994	5,57	0,0000**
CE	0,107445	8,30	0,0000**
HCO ₃ ⁻	0,331712	1,10	0,3695 ^{ns}
Cl ⁻	9,029285	8,94	0,0000**
Sólidos Dissolvidos	1074444,93	8,30	0,0000*

Estes resultados corroboram aos estudos realizados por Pereira et al. na mesma região em 1983. Os referidos autores observaram que a qualidade das águas no perímetro irrigado Curu-Paraipaba pouco diferia quando comparado com outro ponto, a montante, localizado na Fazenda Experimental Vale do Curu, distante de 50 km.

Os valores das médias de cada íon e a identificação da diferença entre elas foram efetuadas pelo teste de Tuckey a 1% de significância (Tabela 5).

TABELA 5 - Teste de comparação das médias dos parâmetros de qualidade de água.

Íons	Pontos de amostragem								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Mg ⁺²	1,48a	1,57 a	1,42a	1,82ab	1,47a	1,80ab	1,82ab	2,24b	2,01ab
Na ⁺	1,92a	1,73 a	1,56a	2,29ab	1,85a	2,51ab	2,62ab	3,34b	3,47b
K ⁺	0,21a	0,20 a	0,20a	0,18a	0,15a	0,16 ^a	0,16a	0,15a	0,18a
Cl ⁻	3,05a	2,91 a	2,82a	3,52ab	2,95a	3,66abc	3,81abc	5,07bc	5,13c
HCO ₃ ⁻	2,01a	2,34a	1,92a	2,01a	1,78a	2,26 ^a	2,18a	2,14a	2,01a
Ca ⁺²	1,54a	1,51a	1,53a	1,29a	1,21a	1,41 ^a	1,35a	1,49a	1,43a
CE	0,50a	0,49a	0,46a	0,55ab	0,46a	0,58ab	0,59ab	0,72b	0,70b
RAS	1,57ab	1,41ab	1,31a	1,82abc	1,63ab	2,03abc	2,10abc	2,43bc	2,67c
SD	507,50a	494,44a	462,22a	552,50ab	463,33a	587,50ab	594,16ab	722,50b	707,50b
pH	7,73bc	7,98c	7,52abc	7,10a	7,39abc	7,35ab	7,36ab	7,40abc	7,34ab

** Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 1%.

4.1. Variabilidade Espacial

4.1.1. Magnésio

Observa-se que para o íon magnésio as médias de concentração dos pontos de amostragem P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P9 não diferem entre si, ao passo que os valores médios registrados na estação de coleta P8 apresentam diferença significativa ao nível de 1% das concentrações médias representativas das estações P1, P2, P3 e P5. Os valores bem próximos registrados para P1, P2 e P3 podem ser explicados pelo fato de que estes pontos representam as águas conduzidas nos canais que suprem os perímetros de irrigação, estando os mesmos isentos da adição de sais por lixiviação e/ou sofrendo uma menor ação antrópica. De acordo com Lima et al. (2005), em estudos sobre a variação das concentrações dos íons

sulfato, cálcio e magnésio no açude Santo Anastácio em Fortaleza-CE, a quantidade de sais dissolvidos naquelas águas, sofreram influência direta da ação antrópica graças aos sulfatos e carbonatos de cálcio e magnésio presentes em materiais usados na construção das residências da população que habita as redondezas do açude.

Dentre as estações de amostragem, P4, P6 e P7 apresentaram, praticamente, valores médios da concentração do íon magnésio idênticos ($1,82 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$). A estação P4 representa as águas do rio Canindé, perenizado pelo açude Pereira de Miranda, o qual drena solos do tipo Luvisolos ricos em Cálcio e Magnésio. De acordo com Santiago (1984), estudando contribuição de cátions permutáveis na mesma região, foi observado que 50% dos solos desta região são bruno-não-cálcicos (Luvisolos) e que os mesmos, através de análises químicas realizadas, continham em sua composição os cátions $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, além de K^+ e uma pequena fração de P assimilável. Outro ponto a ser considerado é que este ponto de coleta fica inserido na área urbana da cidade de Pentecoste, podendo haver assim, uma influência da cidade sobre a qualidade das águas.

Observa-se também que as maiores concentrações para o referido íon foram encontradas nas estações P8 e P9, ou seja, na parte mais baixa da bacia. O P8 fica localizado logo após o perímetro Curu-Paraipaba, podendo este valor ser um indicativo da lixiviação de corretivos de solos do referido perímetro, que são predominantemente arenosos (PEREIRA et al., 1983). A estação P9 apresenta um indicativo da redução na concentração do íon magnésio nas águas do rio Curu, à medida que se distancia de P8. Isto pode ocorrer pelo processo de precipitação do referido elemento ao longo do trecho entre P8 e P9.

Uma análise visual da variabilidade espacial do magnésio pode ser efetuada através da Figura 4. Percebe-se que as águas do rio Curu recebem descargas que promovem um efeito acumulativo do íon magnésio. Esta descarga se torna mais significativa nas áreas dos perímetros irrigados localizados na bacia do Curu. As estações P6 e P8 localizam-se à jusante do perímetro Curu-Recuperação. Contudo os valores médios de Magnésio encontrados se encontram na faixa normal de valores para irrigação ($0 - 5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) conforme Ayers & Westcot (1999).

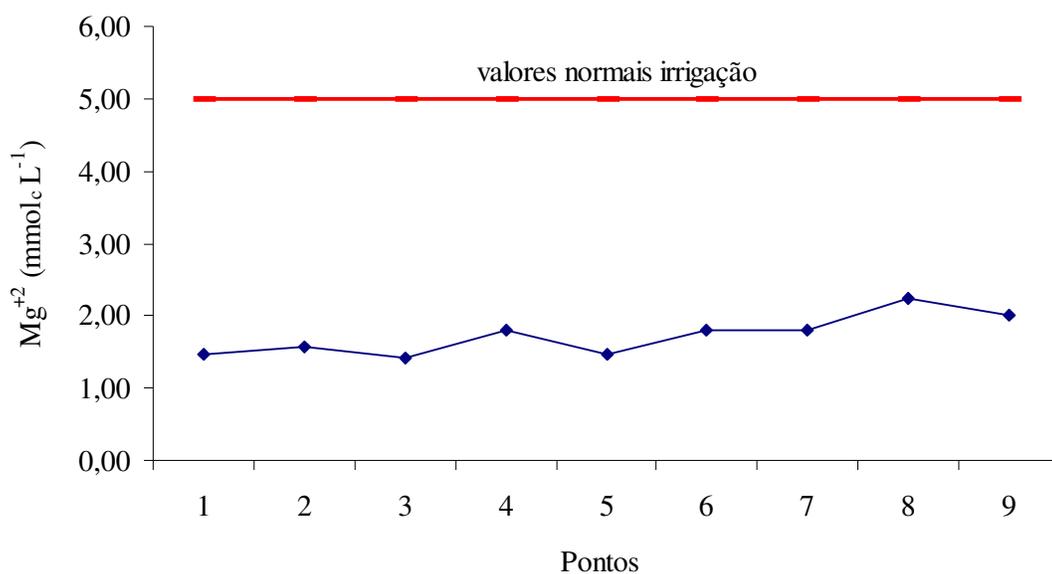


FIGURA 5 - Variabilidade espacial dos valores médios de magnésio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.2. Sódio

Com relação ao parâmetro sódio, observou-se que as concentrações médias registradas nos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 não diferem entre si, contudo os valores apresentados pelas estações P8 e P9 diferem daquelas encontradas nas estações P1, P2, P3 e P5. Por outro lado, os valores médios do sódio para as estações P4, P6, P7, P8 e P9 não diferem entre si. Embora a estação P4 seja representativa das águas oriundas da sub-bacia do rio Canindé (Figura 1), apresenta concentração média de sódio ($2,29 \text{ mmolc L}^{-1}$) superior às registradas nas estações P1, P2, P3 não apresenta diferença significativa entre si.

De acordo com a Figura 2, os solos predominantes na região do rio Canindé, são os Luvisolos. Uma pequena parte de solos do tipo Planossolos na parte alta da bacia, podem vir a contribuir com o parâmetro sódio, especialmente se o mesmo possuir caráter solódico.

Gorayeb (2004), analisando a qualidade hídrica em seções de rios da bacia do Curu e identificando os principais fatores que interferem nas características físicas, químicas e microbiológicas da água, cita que já no município de Canindé, o destino final dos esgotos é o rio Canindé.

Gorayeb (2004) também citou a existência de “lixões” neste município, em General Sampaio, Tejuçuoca, Itatira e Itapajé todos localizados sobre ressurgências hídricas ou em trechos de riachos (afluentes dos principais tributários do rio Curu), contribuindo significativamente através da ação antrópica para o aumento na concentração de sódio.

A Figura 6 apresenta os valores médios da concentração do sódio nas águas do trecho perenizado da bacia do Curu. Pode-se observar um aumento gradativo na concentração de sódio à medida que se aproxima das áreas baixas da bacia do Curu onde se encontram os maiores aglomerados humanos e as maiores extensões da agricultura irrigada. Sabe-se que a irrigação é responsável pela adição de sais aos cursos d'água. Segundo Ayers & Westcot, 1999, o valor máximo de uso sem restrição das águas para irrigação para o parâmetro sódio é de $3,00 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ e para consumo humano, segundo a portaria MS 518/2004 do Ministério da Saúde, é de no máximo $8,60 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ (200 mg L^{-1}). De acordo com a Figura 6, observa-se que apenas os pontos 8 e 9 apresentam restrição de ligeira a moderada para uso destas águas para a irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999) e nenhuma restrição ao consumo humano.

A partir da estação P6 (confluência dos rios Canindé, Caxitoré e Curu), ocorre um aumento gradativo da concentração do sódio ao longo do rio Curu (Figura 6). A estação P7 (Ponte sobre o rio Curu na BR 222), em São Luis do Curu, é um ponto onde a lavagem de roupas ocorre constantemente, podendo ser uma fonte de sódio oriunda do sabão (PALÁCIO, 2004).

Já as estações P8 e P9 (maiores valores de sódio) recebem influência direta do perímetro irrigado Curu-Paraipaba; sendo que a P9 pode receber influência das águas do mar, uma vez que se encontra a apenas 7 km do litoral. Pereira et al. (1983), em estudos realizados no projeto de irrigação Curu-Paraipaba, observaram que os sais adicionados ao solo pela irrigação eram facilmente lixiviados, como uma decorrência natural da textura do solo (franco-arenosa).

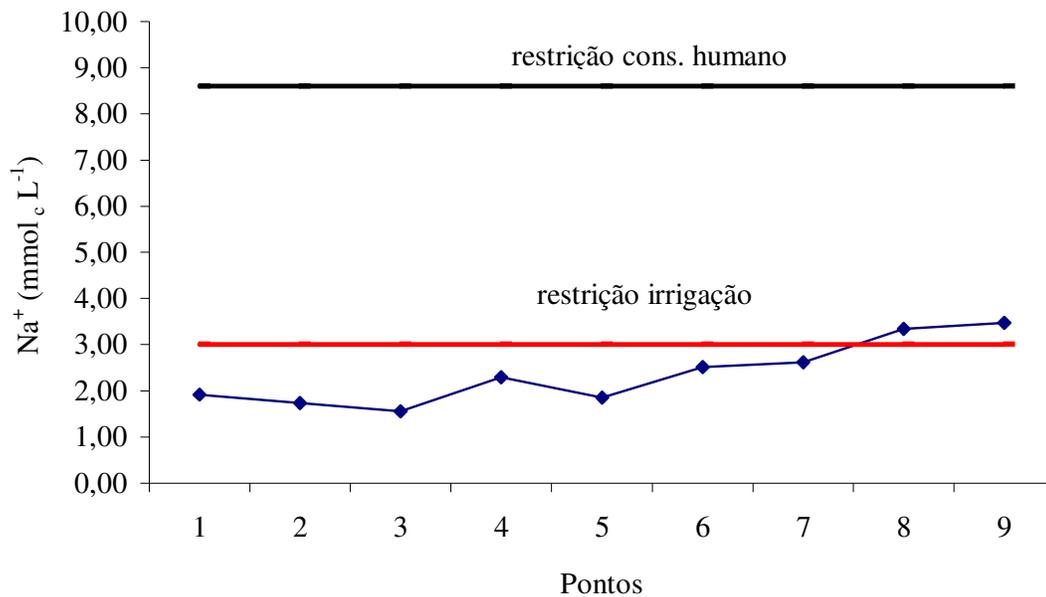


FIGURA 6 - Variabilidade espacial dos valores médios de sódio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.3. Potássio

Em relação à concentração do Potássio nas águas superficiais da bacia do Curu, observa-se que não existe diferença significativa ao longo de todo o trecho estudado, (Tabela 5). As maiores concentrações deste íon foram registradas nas três primeiras estações, as quais representam o rio Curu antes de receber as águas do rio Canindé e Caxitoré. Acredita-se que esta maior concentração seja em decorrência das rochas de origem dos solos desta parte da bacia. De acordo com Santiago (1984), em trabalho de análises químicas de amostras representativas de solos da área situada na parte alta da bacia do Curu, os solos Bruno não cálcico (Luvisolos) contribuem significativamente com os cátions permutáveis: $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+}$.

Apesar de não haver diferenças significativas ao longo da bacia, os valores encontrados situam-se acima dos valores considerados normais para a irrigação, por Ayers & Westcot (1999), que é de $0,05 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ($2,0 \text{ mg L}^{-1}$). Cruz (2001), em estudos sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do Distrito de Irrigação Jaguaribe Apodi-CE, observou que os valores mínimos da concentração registrados para o cátion K^{+} durante os

doze meses de coleta se encontravam acima dos níveis considerados normais para água de irrigação.

O menor valor médio foi registrado nas estações P5 (rio Caxitoré) e P8 (Curu-Paraipaba). As águas do Caxitoré drenam, em sua maioria solos Classificados como Argissolos (EMBRAPA, 1999) que dentre os solos da região é um dos que menos colaboram para o incremento deste parâmetro ao longo da bacia. De acordo com Oliveira et al. (1992), os Luvisolos apresentam teores de minerais primários facilmente intemperizáveis, notadamente feldspatos potássicos de onde poderiam vir a contribuir com os valores encontrados. Através da Figura 7 pode-se fazer uma análise ocular da concentração do potássio nas águas superficiais do rio Curu.

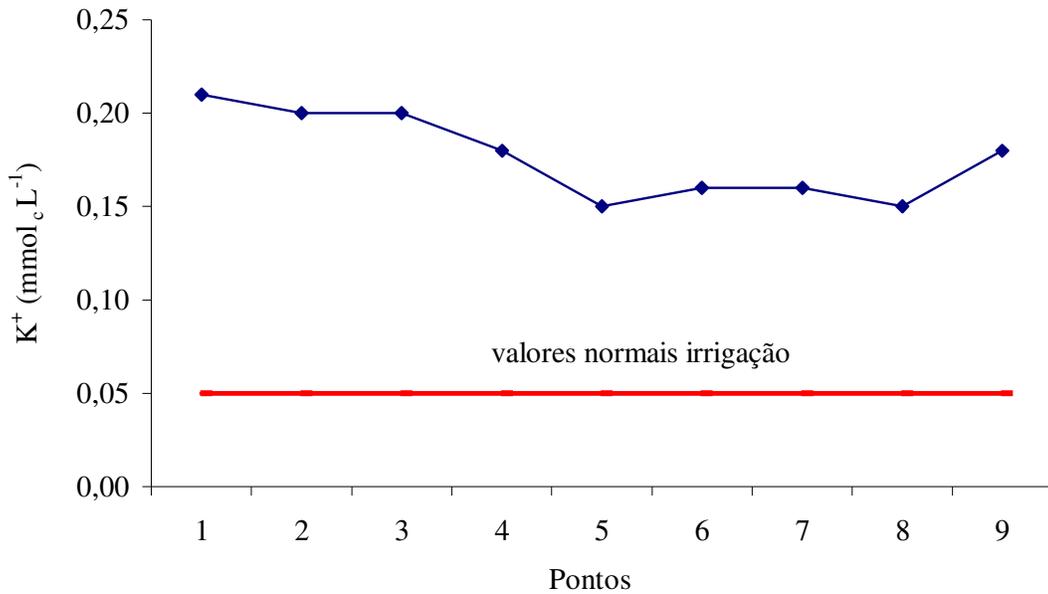


FIGURA 7 - Variabilidade espacial dos valores médios do potássio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.4. Cloreto

As variações das concentrações médias para o cloreto entre as estações amostrais podem ser vistas na Tabela 5. Observou-se que os valores aumentaram a medida em que se deslocava em direção às partes mais baixas da bacia, o que caracterizou a influência da ação antrópica sobre a qualidade das águas. Autores como Brooks et al. (1993) comentam que a qualidade das águas na parte baixa de uma bacia expressa o manejo que está sendo aplicado aos recursos naturais à montante daquele ponto. A referida tabela, também, mostra que as estações amostrais P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7, não diferenciam entre si ao nível de 1%, contudo as águas coletas nas estações P8 e P9, em relação a concentração de cloreto, apresentam diferença significativa daquelas coletadas nas estações P1, P2, P3 e P5, mas não se diferenciam das águas de P4, P6 e P7.

Mais uma vez, a estação P4, embora não significativa, apresentou valores do íon em estudo superiores àqueles registrados nas estações P3 e P5. Acredita-se que este acréscimo seja em virtude de contaminação por esgotos, haja vista que neste ponto, as águas oriundas do açude Pereira de Miranda (rio Canindé) cruzam a cidade de Pentecoste. Neste ponto, também, foi observado a lavagem de roupas (Figura 8). Resultados semelhantes foram observados por PALÁCIO (2004) e HELENA et al., (2000), em estudos da qualidade das águas superficiais. Outro fato que confirma esta afirmativa são os menores valores das concentrações dos íons registrados no açude Pereira de Miranda por AMANCIO et al. (2004).



FIGURA 8 - Lavagem de roupas no rio Canindé na zona urbana de Pentecoste.

O efeito acumulativo do cloreto ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu pode ser visto na Figura 9. Altos teores desse íon podem ser oriundos da drenagem superficial e lavagem dos sais dos perímetros irrigados inseridos na bacia, assim como por poluição de esgotos das comunidades situadas às margens dos rios estudados. Dados semelhantes foram observados por Palácio (2004), estudando a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em trecho perenizado da Bacia do Trussu, Iguatu-CE. Vale ressaltar que o valor limite para o consumo humano segundo o CONAMA 357/2005 e portaria MS 518/2004 do Ministério da Saúde é de $7,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$.

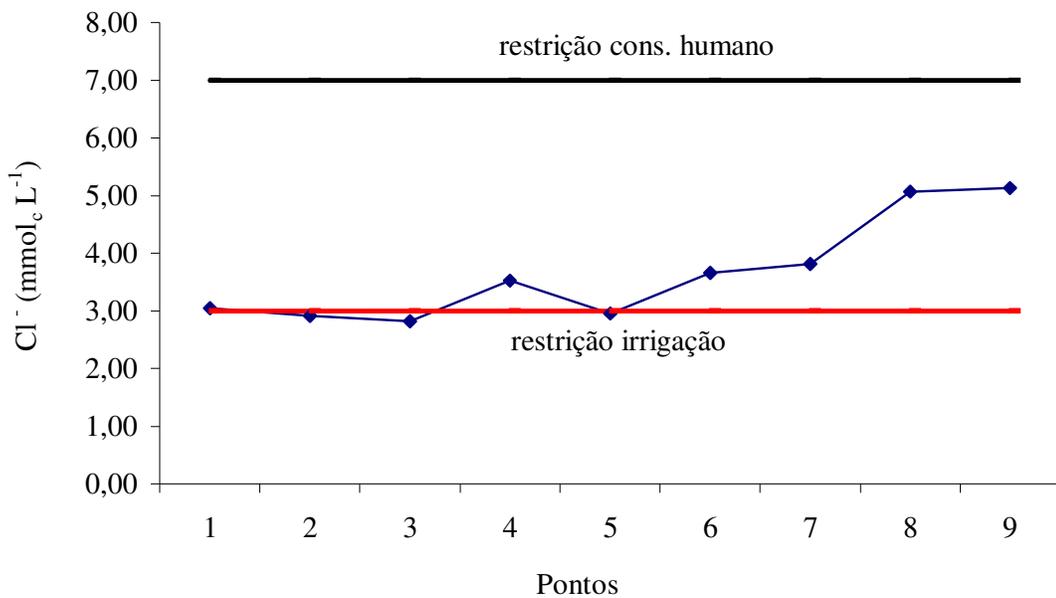


FIGURA 9 - Variabilidade espacial dos valores médios de cloreto na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

Nota-se que o valor inferior a $3,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ não expressa limitação de uso para consumo humano ou irrigação. Este íon passa a apresentar limitações ao uso da água quando sua concentração for superior a $3,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para irrigação por aspersão e $4,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para irrigação por superfície (AYERS & WESTCOT, 1999). Valores acima de $7,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (250 mg L^{-1}) tornam a água inviável ao consumo humano segundo a CONAMA 357/2005 e portaria MS 518/2004 do Ministério da Saúde. A partir do P6 os valores médios encontrados para este íon passam a apresentar algum tipo de limitação para a utilização de suas águas para a irrigação.

Ainda na Figura 9, verifica-se uma variação brusca dos valores do cloreto (3,81 mmol_c L⁻¹ para 5,07 mmol_c L⁻¹) registrados entre o P7 e P8 em relação às demais estações. Atribui-se este fato a uma contaminação localizada, devido à drenagem e lavagem deste elemento das áreas irrigáveis do perímetro irrigado Curu-Paraipaba, uma vez que esta estação amostral situa-se imediatamente à jusante do perímetro. Neste perímetro, a cultura do coco é explorada intensivamente, o que pode explicar esta maior concentração do cloreto em decorrência do emprego do KCl como suprimento de potássio para a cultura do coco. Observações semelhantes foram efetuadas por D’Almeida et al. (2002), em estudo sobre impacto da irrigação em áreas exploradas com a cultura da banana na região da Chapada do Apodi, Ceará. Em adição, os solos do Curu-Paraipaba apresentam textura leve, com alta drenagem, o que contribui para a lixiviação de íons conservativos como o cloreto.

Já o alto valor do cloreto encontrado na estação P9, pode ser explicado pelas proximidades do litoral, em torno de 7 km. Walter, (1968) citado por Suassuna (2006), relaciona algumas teorias que explicam, de certa forma a origem dos sais. Dentre essas teorias, destaca-se a de que a água do mar seria vaporizada pela força da arrebentação ao longo de costas áridas. As pequenas gotas secam e formam um pó salgado que pode ser “soprado” terra a dentro, esse sal, então é levado para dentro do solo pela chuva ou simplesmente nele depositado. Um processo similar acontece também nas regiões úmidas, mas em tais regiões o sal está sendo continuamente lixiviado e devolvido ao mar via rios (sal cíclico). Nas regiões áridas sem escoamento, entretanto, o sal concentra-se e, por esse meio, origina-se uma salinidade igual à encontrada na parte mais externa do deserto da Namíbia e nas partes áridas do oeste da Austrália.

4.1.5. Bicarbonato

A concentração de bicarbonato não sofreu efeito cumulativo ao longo da área estudada. Conforme o teste de Tukey, os valores médios deste íon não sofreram diferença significativa entre as estações (Tabela 5), sendo o maior valor registrado na P2, canal da Fazenda Experimental Vale do Curu (Figura 10) e o menor nas águas do rio Caxitoré (P5).



FIGURA 10 - Canal de entrada da água para a Fazenda Experimental do Vale do Curu, Pentecoste.

Os valores médios do bicarbonato, sempre, foram inferiores aos do cloreto confirmando os resultados encontrados por Audry e Suassuna (1995), estudando a qualidade da água para irrigação no Nordeste brasileiro (PE, CE, RN e PB), onde mostraram que águas com CE superior a $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam teores de bicarbonato menores que os de cloreto. Os valores médios encontrados ao longo da bacia do Curu para o Bicarbonato ficaram por volta de $2,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, o que, segundo Ayers & Westcot (1999), expressam um grau de restrição ligeira a moderada para o uso na irrigação (irrigação por aspersão). Os valores encontrados são atribuídos aos tipos de solos da região, que podem vir a colaborar com os teores deste elemento. De acordo com Oliveira et al. (1992), devido à presença acentuada de minerais de argila de alta atividade, é comum a ocorrência de caráter vértico denunciada pela presença de “slickensides” na parte inferior e sob o horizonte BT. Essa feição identifica os solos Bruno-não-cálcicos vérticos (Luvisolos), os quais podem também, em adição ser planossólicos que são intermediários ao mesmo tempo com os Vertissolos e com os Planossolos. Constataram-se esses solos com carbonatos ou carbonáticos, solódicos, litólicos e intermediários com argissolos. Alguns Luvisolos originados de rochas metamórficas podem apresentar caráter carbonático de onde através da reação com a água podem originar os bicarbonatos.

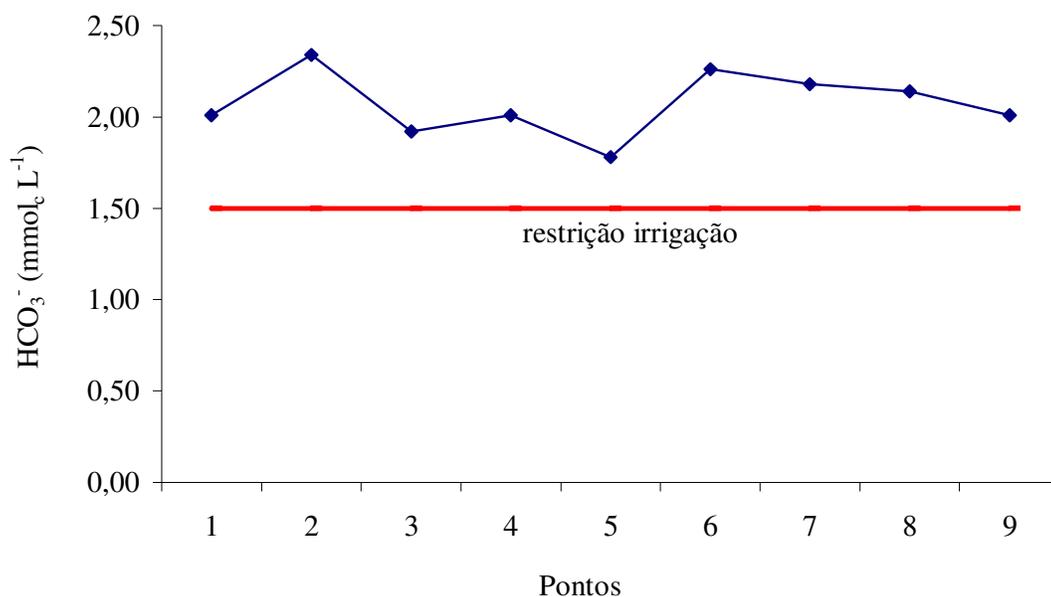


FIGURA 11 - Variabilidade espacial dos valores médios de bicarbonato na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.6. Cálcio

Não houve diferença estatística entre os valores médios para a concentração do elemento Cálcio (Tabela 5). Contudo, pode-se observar que as águas do rio Curu apresentam concentrações superiores às aquelas identificadas nas águas dos rios Canindé, (P4) com 1,29 mmol_c L⁻¹ e Caxitoré (1,21 mmol_c L⁻¹).

De acordo com a Figura 12, observa-se que os valores médios encontrados, situaram-se bem abaixo daquele considerado como normal para águas de irrigação segundo Ayres & Westcot (1999), que é de 20 mmol_c L⁻¹, portanto, as águas analisadas para o parâmetro cálcio, são consideradas adequadas à irrigação.

Lima et al. (2005), em estudo sobre as concentrações dos íons sulfato, cálcio e magnésio, observaram que os mesmos estão quimicamente associados nas águas carregadas para o açude assim como também possuem variação temporal, haja vista que as concentrações mais elevadas foram encontradas nos meses de estiagem.

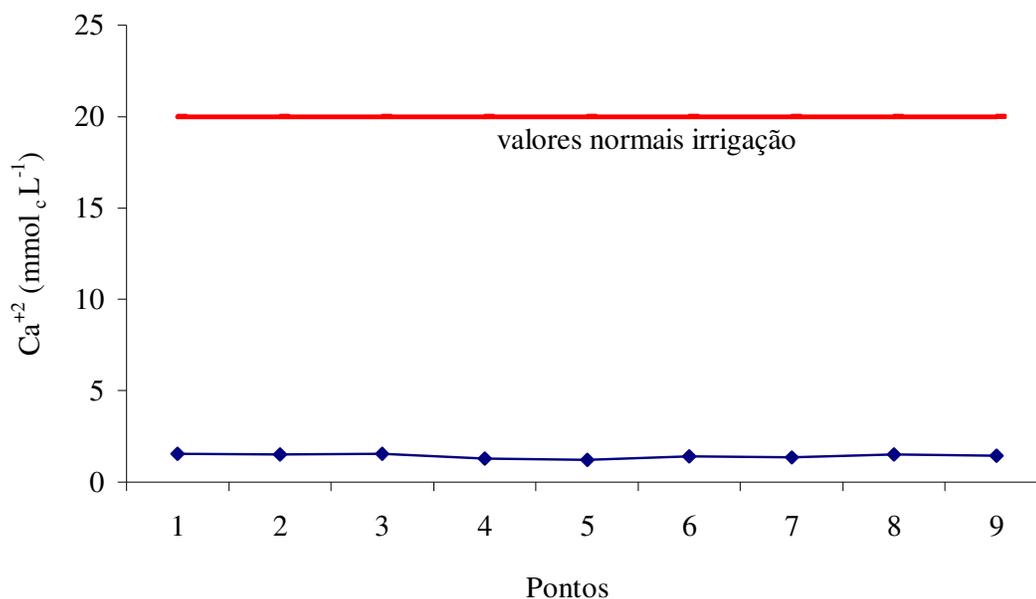


FIGURA 12 - Variabilidade espacial dos valores médios de cálcio na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.7. Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é um dos parâmetros utilizados para expressar a concentração de sais solúveis na água. A água a ser usada na irrigação pode causar efeitos prejudiciais ao solo e às culturas, sendo necessário recorrer a técnicas de manejo para amenizar os problemas que surgirão através da sua utilização (CRUZ, 2001).

Os valores médios da CE para o trecho perenizado da bacia do Curu podem ser vistos na Tabela 5. Pela referida tabela, observa-se o efeito acumulativo dos sais totais nas águas do rio Curu desde a barragem da Serrota até a cidade de Paraipaba. Os menores valores da CE, como esperado, foram registrados nas águas do rio Curu. (P1; P2 e P3), antes da junção com o rio Canindé, e do Caxitoré (P5). Para a CE e os íons estudados, com exceção do cálcio e do potássio, o rio Canindé (P4) apresentou valores superiores àqueles encontrados no rio Curu e Caxitoré. Estes valores mais elevados, principalmente da CE, do cloreto e do sódio podem ser explicados pela ação antrópica (cidade de Pentecoste), uma vez que as águas do açude Pereira de Miranda (fonte hídrica de perenização do rio Canindé) apresentam valores inferiores aos registrados no P4, (AMANCIO et al., 2004).

Ainda pela Tabela 5 observa-se que para as duas últimas estações (P8 e P9) os valores da CE diferem estatisticamente dos valores registrados na P1, P2, P3 e P5, mas não diferiram de P4, P6 e P7. A estação P8, localizada logo após o perímetro de irrigação Curu-Paraipaba, foi a que apresentou valor mais elevado da CE. Este fato se explica pelos sais adicionados às águas do rio Curu no processo de lixiviação das áreas irrigadas. Em estudos sobre o risco de salinidade das áreas irrigadas do perímetro Curu-Paraipaba, Pereira et al. (1983) identificaram que em decorrência do tipo de solo (arenoso), uma precipitação anual de 300 mm era suficiente para lixiviar os sais, sendo os mesmos reconduzidos ao rio.

Acredita-se que o valor mantido para a estação P9 seja influência da maré, visto que este ponto dista em torno de apenas 7 km da costa. Outro aspecto que confirma esta afirmativa são os valores do cloreto e do sódio registrados em P9. Estes são os dois sais registrados em maior abundância nas águas do oceano. Walter (1968), citado por Suassuna (2006).

Observando a Figura 13, nota-se uma alteração brusca no valor da CE para o P4, ponto em que o rio Canindé cruza a cidade de Pentecoste. Acredita-se que esta maior concentração dos sais totais possa ser em decorrência da ação antrópica. De acordo com Ayers & Westcot (1999) os valores encontrados nos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 não apresentam nenhuma restrição quanto ao uso destas águas para irrigação, contudo os pontos P8 e P9 apresentam restrição ligeira quanto ao uso. Quanto à classificação das águas proposta por Richards (1954), todos os pontos analisados são classificados como águas de classe C₂. Com relação aos sais totais, estas águas apresentam perigo médio de salinização, podendo ser usada sempre quando houver um grau moderado de lavagem sendo utilizada em quase todos os casos e sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade, podendo ser usada para culturas moderadamente tolerantes aos sais (SANTOS, 2000).

Rodrigues et al. (2005), avaliando a condutividade elétrica e os níveis do íon sódio no lençol freático do Baixo Acaraú, observaram que em dois poços estudados, os valores deste parâmetro encontravam-se acima de 2,50 dS m⁻¹, o que pode estar relacionado com altos valores de sódio encontrados em análises e/ou a contaminações em função de ação antrópica.

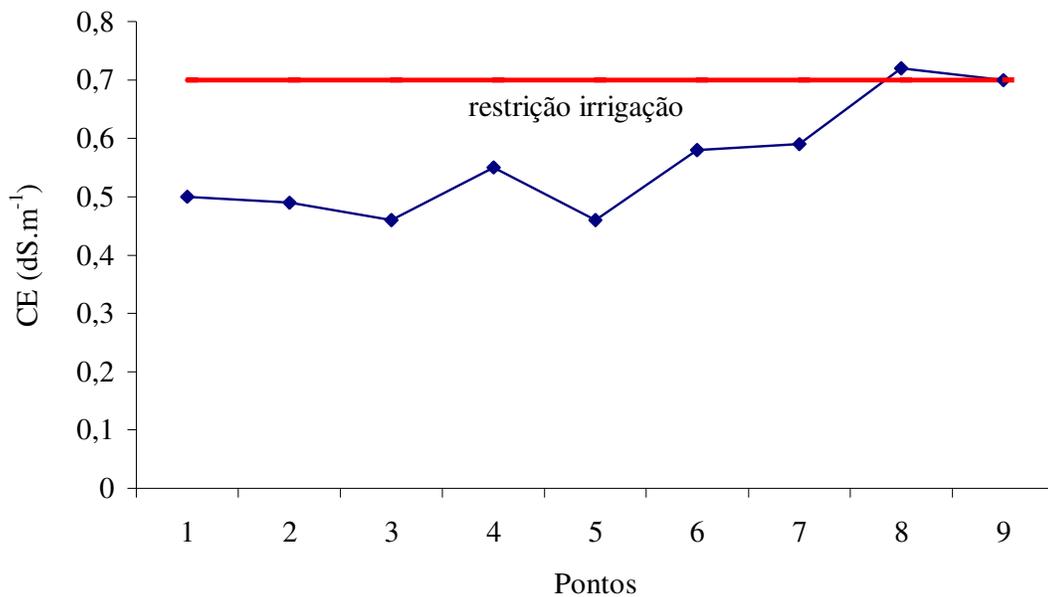


FIGURA 13 - Variabilidade espacial dos valores médios da condutividade elétrica na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.8. Razão de Adsorção de Sódio (RAS)

A RAS é o parâmetro que melhor expressa o risco de sodicidade das águas empregadas na irrigação. Para as águas da bacia do Curu os valores médios sofrem acréscimos significativos à medida que se desloca em direção a sua foz. Através da Tabela 5, observa-se que as águas dos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 não diferem entre si ao nível de 1%, e que P9 difere das estações P1, P2, P3 e P5. Já as águas representativas das P4, P6 e P7 não apresentaram diferença significativa das demais estações. Apesar de ocorrer aumento significativo entre as médias ao longo da bacia, as águas apresentam risco de sodicidade baixo, estando as águas classificadas como S1, segundo a classificação de Richards (1954). São águas que apresentam perigo baixo de sodificação, podendo ser utilizada para irrigação da maioria dos solos, com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável (SANTOS, 2000).

A sodicidade indica o efeito do sódio presente na água de irrigação em elevar a porcentagem de sódio trocável do solo, alterando as propriedades físico-químicas, e promovendo problemas de infiltração. Por outro lado, a infiltração em geral, aumenta com a salinidade e diminui com a redução desta. Autores como Pizarro (1978) mostraram que a água

com CE inferior a $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ e, particularmente, abaixo de $0,20 \text{ dS m}^{-1}$ tende a lixiviar os sais e minerais solúveis, incluindo os de cálcio, reduzindo sua influência sobre a estabilidade dos agregados e estrutura do solo. Observa-se na Figura 14 que a RAS teve um incremento significativo a partir da estação P7. Pela Tabela 5, nota-se que há incrementos significativos dos valores de sódio a partir das estações P7 até P9, o que justifica os valores mais altos da RAS nestes pontos. Observa-se também que os valores de cálcio praticamente permaneceram constantes ao longo da bacia do Curu, reforçando a hipótese de maiores valores da RAS em virtude de incrementos nos valores do sódio. O maior valor encontrado foi na estação P9, onde se constata também o maior valor para o elemento sódio. Ainda na Figura 14, observa-se que em nenhum momento foi alcançado valor limite a partir do qual há restrição para irrigação segundo Ayers & Westcot (1999).

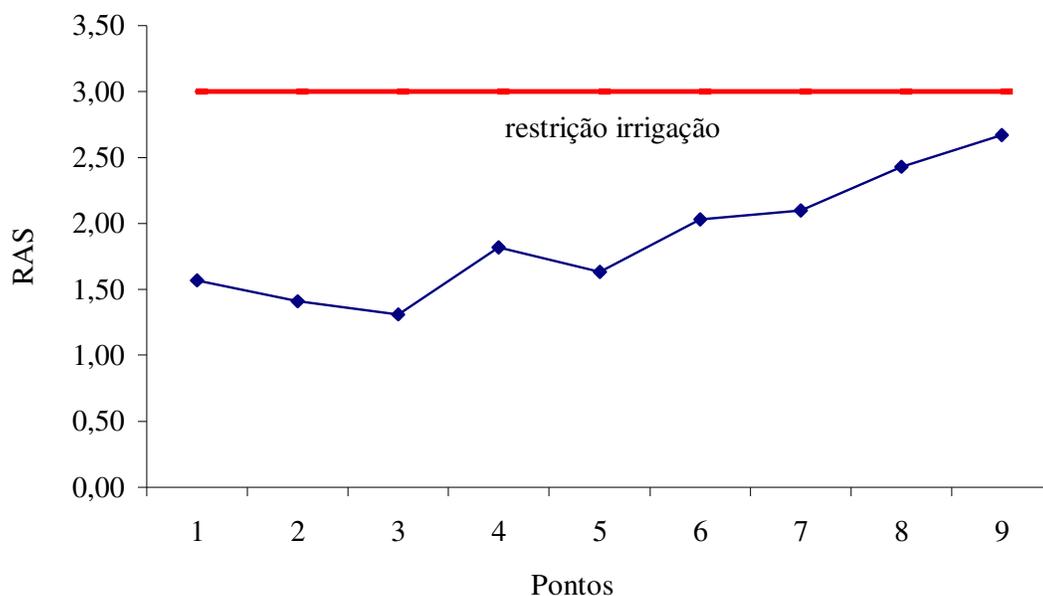


FIGURA 14 - Variabilidade espacial dos valores médios da RAS na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.9. Sólidos dissolvidos (SD)

O total de sólidos dissolvidos é a quantidade de sais dissolvidos na água de irrigação ou a solução do solo, sendo usado para estimar a salinidade da água e da solução do solo (SANTOS, 2000).

Os sólidos dissolvidos expressam a concentração total de sais solúveis na água sendo, portanto, um indicador das características químicas da água e de suas limitações para o emprego na irrigação. (CRUZ, 2001).

Os sólidos dissolvidos apresentaram a mesma tendência das demais variáveis, ou seja, sofreu acréscimo ao longo do trecho estudado do rio Curu (Tabela 5). As águas das estações P8 e P9, em relação aos sólidos dissolvidos apresentaram diferença significativa das estações P1, P2, P3 e P5, enquanto que P4, P6 e P7 não diferiram das demais estações. Nota-se inicialmente um decréscimo dos sólidos dissolvidos da estação P1 à P3. Esta redução, pode ser em decorrência que P2 e P3 são águas coletadas em canais revestidos, havendo uma redução na concentração dos sólidos dissolvidos, tanto pela redução da velocidade de deslocamento da água no canal, como pela menor adição de sedimentos ao longo do percurso.

Ainda pela Tabela 5 pode-se observar um maior conteúdo de sólidos dissolvidos no P4 (rio Canindé), que embora não se diferencie significativamente dos pontos P1, P2, P3, P5, P6 e P7 possui um valor maior que os pontos P1, P2 e P5. Este valor deve-se provavelmente a ações antrópicas, assim como a degradação das matas ciliares ao longo do curso do rio. Por outro lado, o baixo valor registrado no rio Caxitoré (P5) expressa a conservação das matas ciliares como pode ser vista na Figura 15.



FIGURA 15 - Vista do rio Caxitoré, 2005.

A Figura 16 mostra a variabilidade espacial dos valores médios dos sólidos dissolvidos. Fica evidenciado um incremento contínuo a partir do ponto 6, na parte mais baixa da bacia, atingindo seu pico máximo no ponto 9, já no município de Paraipaba, em virtude possivelmente das ações de lixiviação ocorridas ao longo de toda a bacia. Os valores observados não apresentam limitação de uso para consumo humano de acordo com o padrão de potabilidade do Ministério da Saúde. Segundo a Portaria 518/2004, o padrão de aceitação para consumo humano é de 1000 mg L^{-1} . Contudo há restrição quanto ao uso destas águas para a irrigação em praticamente todos os pontos analisados, segundo Ayers & Westcot, que afirma que a utilização de águas sem restrições é de até 450 mg L^{-1} . Assim sendo, as águas estudadas nos pontos supra citados são classificadas com grau de restrição ligeira a moderada.

De acordo com Cruz (2001), valores de sólidos dissolvidos superiores a 450 mg L^{-1} começam a apresentar limitações de uso da água para irrigação, passando a requerer sistemas de filtragem da água e conseqüente aumento no custo da irrigação.

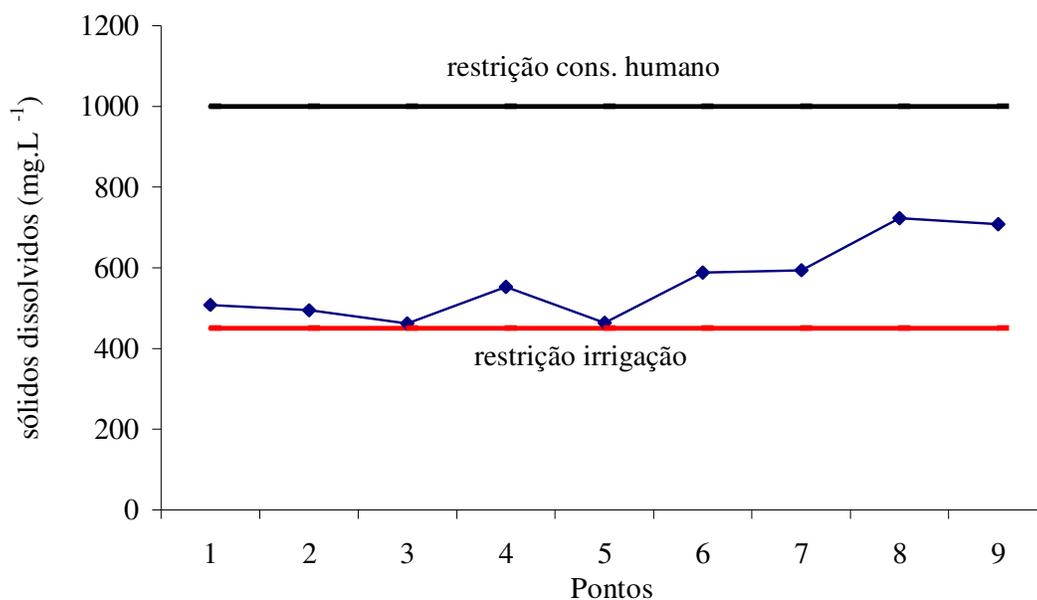


FIGURA 16 - Variabilidade espacial dos valores médios dos sólidos dissolvidos na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.1.10. pH

De acordo com a Tabela 5, observa-se que os valores registrados para o pH no ponto P4 diferenciam-se estatisticamente do P2 e P1, e que P2 diferencia do P4, P6, P7 e P9. Observa-se na Figura 17, que inicialmente houve um incremento dos valores de pH entre os pontos 1 e 2, e após um decréscimo de valores no ponto 4, provavelmente em virtude da carga orgânica poluidora do rio Canindé que colabora com o processo de acidificação de suas águas.

Segundo Ayers & Westcot (1999), os valores normais de pH para uso das águas em irrigação se situam entre 6,50 - 8,40 e para o consumo humano o padrão se encontra entre 6,0 e 9,5, segundo a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, indicando desta maneira, que as águas analisadas estavam dentro do padrão de uso para a irrigação e o consumo humano.

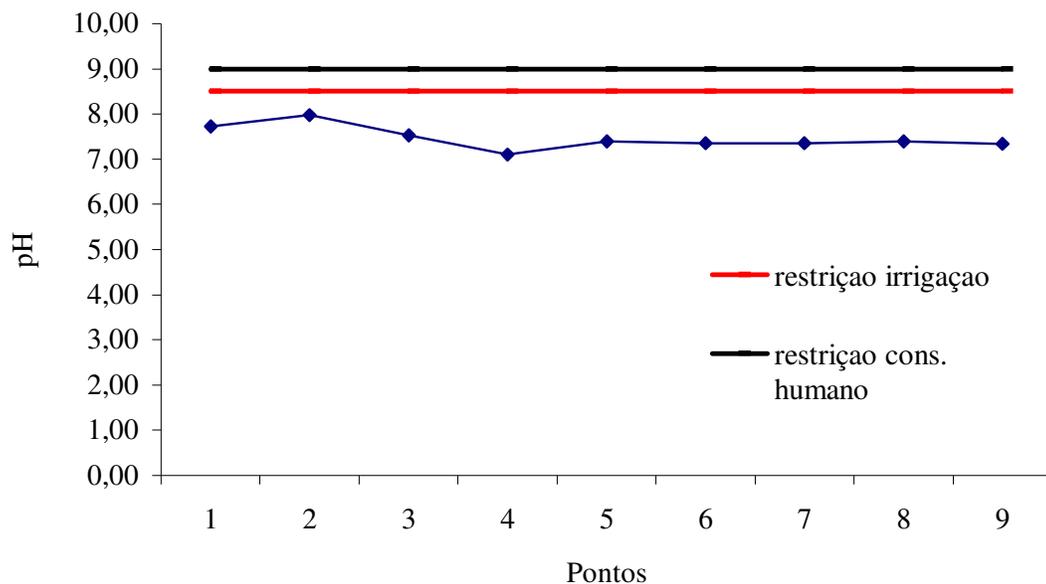


FIGURA 17 - Variabilidade espacial dos valores médios do pH na água ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2. Variabilidade Temporal

Os valores de Coeficiente de Variação (CV) dos parâmetros estudados, ao longo do tempo, para cada ponto de amostragem podem ser vistos na Tabela 6. De uma maneira geral observou-se valores altos para os Coeficientes de Variação, com destaque para os parâmetros: Na^+ , (P4 e P8 com 42%), Cl^- (P4 com 42%), RAS (P6 com 39%), HCO_3^- (P2 com 63%). Esses altos valores encontrados demonstram uma forte variabilidade dos dados coletados, indicando que durante todo o período de coleta, os parâmetros analisados tiveram forte variação de valores, sugerindo que além do fator espacial, um outro fator, o temporal influencia as variáveis estudadas. Tal fato expressa a dinâmica da qualidade das águas, quer pela constituição dos solos da região, intervenções antrópicas e da sazonalidade na parte perenizada da bacia do Curu. Valores relativamente altos de CV são indicadores de inconstância dos valores das variáveis em relação ao tempo e/ou ao espaço (PALÁCIO, 2004). Estudos desenvolvidos por Vieira et al. (2005), na região do semi-árido paraibano, observaram que a diminuição ou aumento da concentração dos nutrientes varia de acordo com o regime de chuva da região.

TABELA 6 - Coeficiente de variação temporal para as variáveis estudadas.

Íons	Pontos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mg^{+2}	0,23	0,20	0,26	0,28	0,30	0,22	0,18	0,17	0,21
Na^+	0,33	0,32	0,23	0,42	0,27	0,37	0,37	0,42	0,28
K^+	0,43	0,25	0,25	0,31	0,33	0,39	0,39	0,35	0,21
Cl^-	0,20	0,29	0,20	0,42	0,19	0,18	0,18	0,34	0,22
HCO_3^-	0,19	0,63	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,20	0,18
Ca^{+2}	0,13	0,12	0,21	0,24	0,25	0,19	0,23	0,14	0,16
CE	0,15	0,14	0,14	0,31	0,16	0,15	0,16	0,24	0,16
RAS	0,33	0,34	0,23	0,30	0,28	0,39	0,37	0,35	0,28
SD	0,15	0,14	0,14	0,31	0,16	0,15	0,16	0,25	0,16
pH	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03

De acordo com a Tabela 6, os valores dos coeficientes de variação encontrados nos pontos 1 e 2 foram altos para o parâmetro potássio. Vale ressaltar que na parte alta da bacia do Curu, há presença de Luvisolos que podem contribuir significativamente com o cátion K^+ . Este resultado está de acordo com trabalhos realizados por Santiago (1984).

O ponto 4 destaca-se com valores altos para os seguintes parâmetros Na^+ , Cl^- , condutividade, RAS e sólidos dissolvidos. Acredita-se que esta maior variabilidade possa ser explicada pela influência da cidade de Pentecoste e lavagem de roupa durante a estação seca, quando o rio apresenta a sua vazão mínima. Estes valores reforçam a hipótese de Gorayeb (2004), onde afirma que os principais fatores de degradação dos recursos hídricos superficiais na bacia do Curu é o desmatamento da vegetação original, a disposição inadequada dos resíduos sólidos, o lançamento de águas residuárias das estações de tratamento de águas (ETA'S), do aflente final das estações de tratamento de esgotos (ETE'S), esgotos brutos de origem doméstica e hospitalar, efluentes de matadouros públicos e de fazendas de camarão e a drenagem dos perímetros irrigados.

A partir do ponto 6, observam-se valores significativos para o sódio, cloreto, potássio e RAS, onde a ação antrópica pode justificar, quer seja pela drenagem dos perímetros Curu-Pentecoste e Curu-Paraipaba, quer seja pela lixiviação de fertilizantes como o KCl ao longo do rio. Para se obter uma melhor identificação do efeito da sazonalidade climática sobre a variabilidade temporal de cada elemento estudado, ao longo da bacia, efetuou-se um estudo individual do valor médio mensal, como veremos a seguir.

4.2.1. Magnésio

Com relação ao magnésio, observa-se na Figura 18 um comportamento mais homogêneo no que diz respeito ao período seco do que ao chuvoso. Nota-se que nos pontos 1, 3, 5, 6, 7 e 9, os valores médios encontrados são maiores no período seco. Acredita-se que esta menor variabilidade registrada durante o período seco seja em decorrência do rio ser perenizado por açudes havendo baixa variabilidade para um mesmo período. Já com relação ao período chuvoso, a maior variabilidade pode ser decorrência dos sais de magnésio adicionados em diferentes quantidades nos diferentes pontos pelo processo de escoamento superficial, o qual lava a superfície do solo.

No processo de escoamento superficial, parte do cálcio e magnésio contidos em solução na água no período chuvoso, é trocada pelo sódio das argilas em suspensão no

período seco. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2005). Contudo em ambos os períodos os valores observados encontraram-se dentro daqueles considerados normais por Ayers & Westcot (1999).

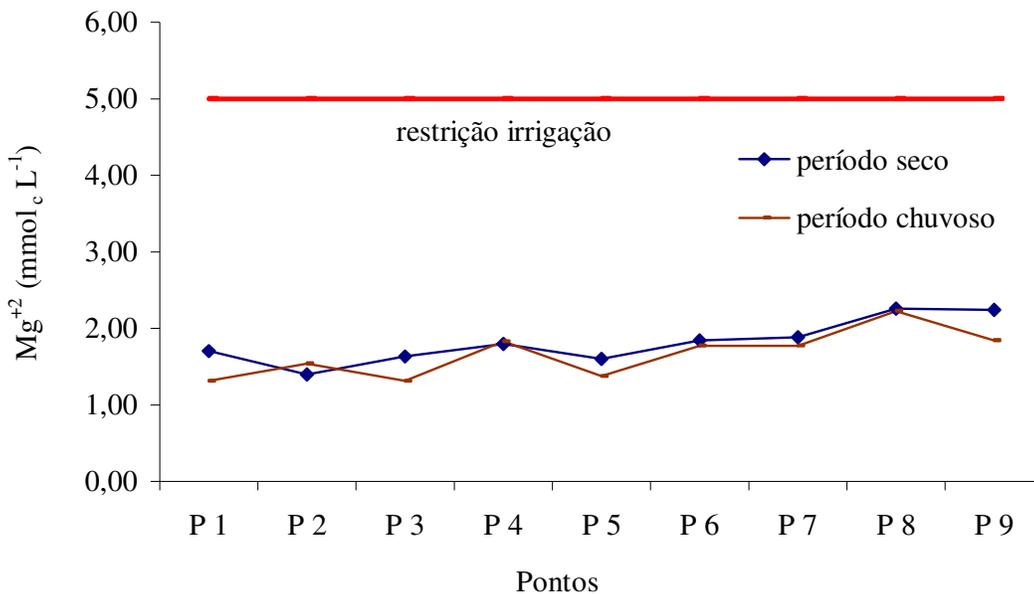


FIGURA 18 - Variação sazonal dos valores médios do íon magnésio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.2. Sódio

Os valores médios para o íon sódio nos períodos, seco e chuvoso, podem ser vistos na Figura 19. Observa-se que de maneira geral, em todos os pontos estudados, os valores médios obtidos no período chuvoso foram superiores ao período seco, fato justificado pela lavagem dos sais superficiais através do deflúvio. Observa-se, também, que os níveis de sódio só passam a apresentar alguma restrição para irrigação a partir do ponto 8, na parte baixa da bacia. Como já discutido, anteriormente, este fato é explicado pela influência dos drenos localizados naquela parte da bacia, despejando as águas oriundas do perímetro irrigado para o rio Curu (PEREIRA et al., 1983).

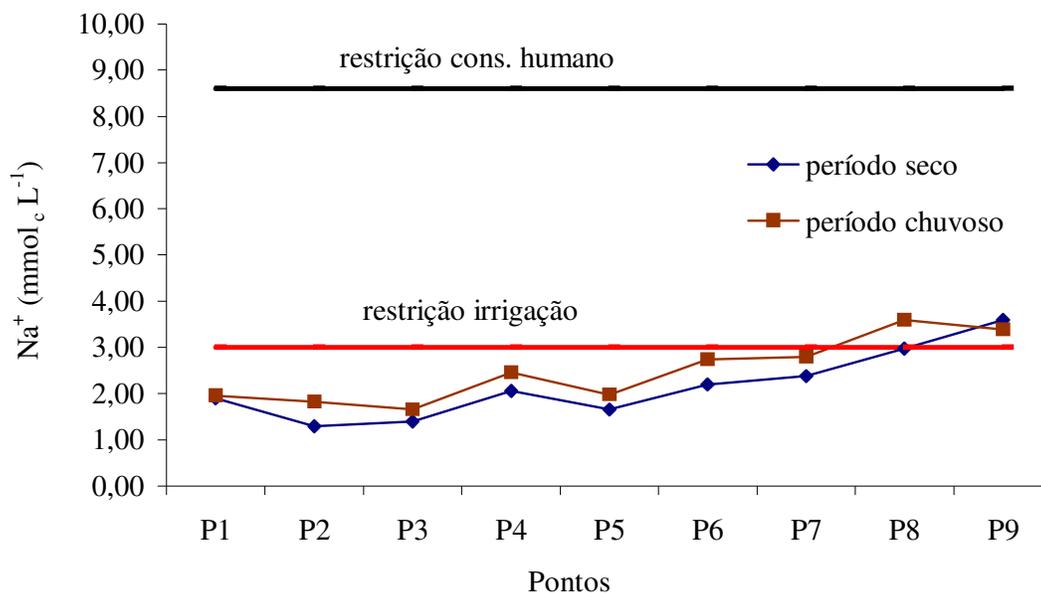


FIGURA 19 - Variação sazonal dos valores médios do íon sódio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.3. Potássio

De acordo com a Figura 20, a concentração do íon potássio é maior no período chuvoso quando comparados ao período seco. Tal fato deve-se provavelmente ao processo de lixiviação de sais e escoamento superficial (“run off”) oriundos dos solos da região ou das adubações (KCl) realizadas neste período, além da maior quantidade de água de drenagem nos perímetros nesta época do ano, e também está diretamente relacionado com a lixiviação de sais (BROOKS et al. 1993). Para o íon supra citado, apenas nos pontos 5 e 9 os valores médios encontrados se equivalem. Observa-se também que concentrações encontradas estão acima dos valores normais em água de irrigação, que segundo Ayers & Westcot (1999) é de $0,05 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ($2,00 \text{ mg L}^{-1}$).

Os maiores valores encontrados no período chuvoso especialmente na parte alta da bacia podem ser explicados em virtude dos Luvisolos, que em presença de água pode vir a liberar potássio através do complexo de troca e desta maneira haver incremento de valores deste parâmetro. Melo Júnior et al. (2003), estudando a qualidade das águas de um trecho do rio Açu, no Rio Grande do Norte, observaram que o predomínio de Na^+ , K^+ e Cl^- nas amostras em todas as estações nas duas etapas sugerindo influência de argilominerais dos solos.

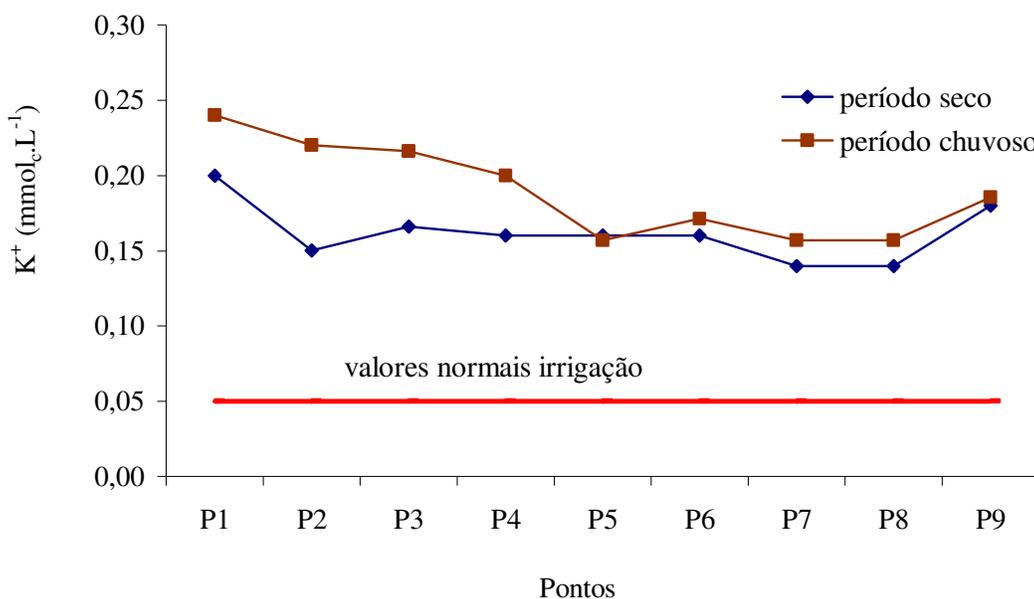


FIGURA 20 - Variação sazonal dos valores médios do íon potássio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.4. Cloreto

As variações sazonais do íon cloreto podem ser vistas na Figura 21. Através desta, pode-se visualizar que em ambos os períodos (chuvoso e seco), há um efeito acumulativo do íon cloreto ao longo da bacia, caracterizando desta maneira ação antrópica ao longo da mesma. Observa-se também, que de maneira geral os valores médios do elemento cloreto são superiores no período chuvoso, fato justificado pelo aumento da drenagem superficial e lavagem dos sais oriundos dos perímetros irrigados inseridos na bacia além da contribuição significativa de esgotos situados às margens dos rios estudados. Dados semelhantes foram observados por Palácio (2004), estudando a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em trecho perenizado da bacia do Trussu, Iguatu-CE.

Ainda na Figura 21, pode-se observar que o maior valor encontrado ocorreu no período chuvoso no ponto 8 e não no ponto 9 como esperado, devido ao efeito acumulativo ao longo da bacia. Este fato pode ser atribuído provavelmente a uma contaminação localizada, devido à drenagem e lavagem deste elemento das áreas irrigáveis do perímetro Curu-Paraipaba, haja vista que o ponto 8 localiza-se imediatamente à jusante deste perímetro. Em

adição, os solos do perímetro Curu-Paraipaba apresentam textura leve, com alta drenagem, o que contribui para a lixiviação de íons como o cloreto.

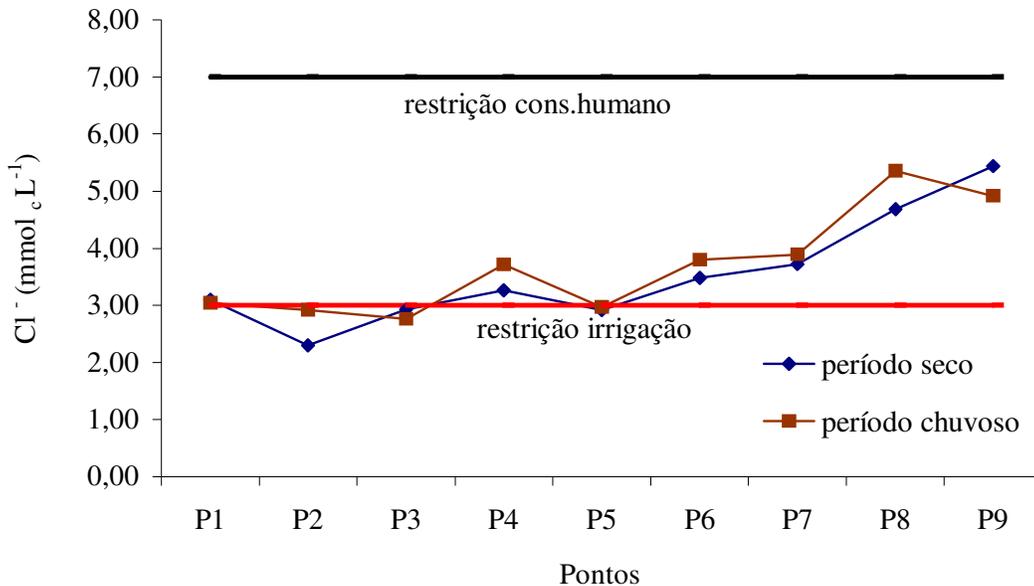


FIGURA 21 - Variação sazonal dos valores médios do íon cloreto ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

O fato do efeito acumulativo não ser observado no ponto 9, neste período, deve-se à diluição do cloreto à medida que se distancia da fonte contaminante e da sua infiltração, pois há predomínio de Neossolos Quartzarênicos (areias quartzozas) profundos no local em virtude da aproximação do Oceano Atlântico. Durante o período seco, as maiores concentrações do íon cloreto na bacia do Curu foram registradas no P9. Estas maiores concentrações podem ser explicadas pelo avanço da maré sobre o rio, uma vez que nesta época se registra as vazões mínimas do rio Curu com uma conseqüente redução da resistência do fluxo natural do rio a penetração da maré. Observa-se ainda na Figura 21, que a partir do P4 e P6 começam a existir limitações de uso destas águas para a irrigação de culturas sensíveis a salinidade, uma vez que os valores médios situam-se superiores a 3,00 mmol_c L⁻¹ (AYERS & WESTCOT, 1999). Já com relação ao consumo humano, os valores observados mostram que não há restrição do uso destas, uma vez que o limite estabelecido pelo CONAMA é de 7,00 mmol_c L⁻¹ (250 ppm).

4.2.5. Bicarbonato

Para o parâmetro bicarbonato, Figura 22, observa-se que durante todo o período chuvoso e seco os valores médios encontrados possuem restrição ligeira a moderada quanto ao uso de suas águas para a irrigação, segundo Ayres & Westcot (1999). Contudo, observa-se ainda na Figura 22, que em todo período estudado, há exceção dos pontos 1 e 9, o período chuvoso se destaca com valores mais altos.

De acordo com Leprun (1983) o aumento da concentração salina das águas proporciona cada vez mais os teores de cloreto de sódio, em detrimento de bicarbonatos de cálcio e magnésio que tendem a precipitar em virtude da baixa solubilidade. Observou-se que os valores de cloreto e sódio foram inferiores aos de bicarbonato. Silva Júnior et al. (1999) estudando a composição química de águas do cristalino brasileiro em Pau-dos-Ferros (RN) e Picuí (PB), observaram que havendo predominância do Cl^- e do Na^+ na medida em que há aumento da salinidade, os teores percentuais de HCO_3^- e Ca^{+2} contrariamente diminuem com o aumento da salinidade.

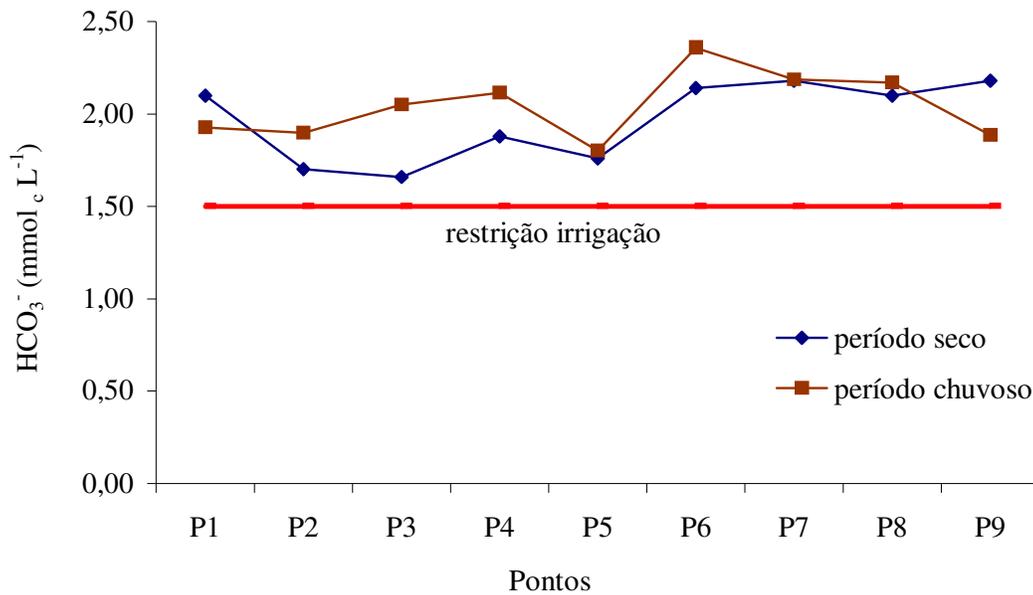


FIGURA 22 - Variação sazonal dos valores médios do bicarbonato ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.6. Cálcio

Na Figura 23 observam-se os valores médios do cálcio ao longo do trecho estudado. Observando os valores médios no anexo, nota-se que os valores iniciais de cálcio até o ponto 6, são sempre maiores no período chuvoso, provavelmente em virtude da lixiviação dos sais ocorrida nesta época do ano, assim como ao tipo de solo existente até o ponto 3 (Luvissoles), solos estes que podem contribuir na composição da água com os íons Ca^{+2} e Mg^{+2} . Contudo observa-se que a partir do ponto 6, os valores observados no período chuvoso decaem e passam a ser menores que os valores médios no período seco. Segundo Primavesi (1990), o cálcio é deficiente em quase todos os solos tropicais por ser o primeiro cátion a ser lixiviado, porém a lixiviação é proporcional ao potássio e ao magnésio.

Trocas entre os minerais em solução e as argilas em suspensão, trazidas pelo escoamento superficial (“run off”) podem ocorrer. Neste processo, parte do cálcio e magnésio contidos em solução na água no período chuvoso, é trocado pelo sódio das argilas em suspensão no período seco. Resultados semelhantes foram obtidos por Mendonça et al. (2003).

Os valores encontrados são considerados normais em água de irrigação conforme Ayers & Westcot. (1999).

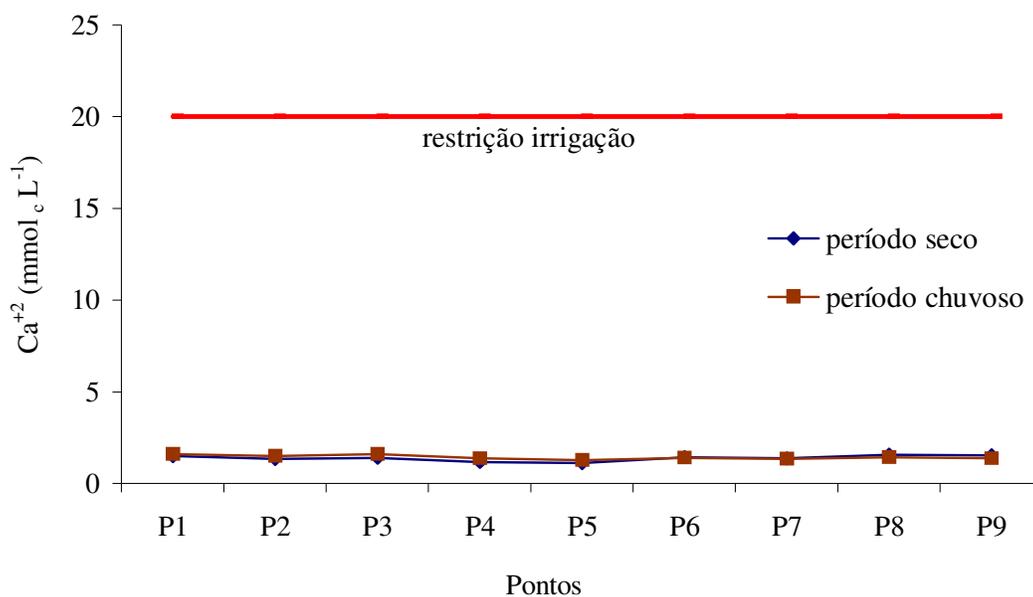


FIGURA 23 - Variação sazonal dos valores médios do íon cálcio ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.7. Condutividade Elétrica (CE)

As concentrações dos sais totais, expressadas pela condutividade elétrica da água, para os dois períodos, podem ser vistas na Figura 24. Observa-se que de um modo geral há um incremento nos valores tanto no período seco como no período chuvoso ao longo da bacia. Os valores decaem do ponto 1 ao 3 para subitamente elevarem-se no ponto 4 para ambos os períodos, comprovando mais uma vez a interferência antrópica no rio Canindé. A partir daí os valores decaem mais uma vez no ponto 5 (rio Caxitoré), contudo, a partir dali, sempre há incremento nos valores médios encontrados, tanto no período seco como no chuvoso. Nota-se que os valores encontrados estão bem próximos no que diz respeito aos períodos seco e chuvoso, onde o período chuvoso se destaca com valores maiores ao longo da bacia à exceção do ponto 9, onde o valor médio encontrado é inferior ao do período seco. Os maiores valores encontrados podem ser explicados em função da lixiviação dos sais além da drenagem dos mesmos nos perímetros Curu-Pentecoste e Curu-Paraipaba, assim como o escoamento superficial. Nota-se na Figura 24 que apenas os pontos 8 e 9 apresentam ligeira restrição de uso para irrigação segundo Ayers & Westcot (1999).

Cruz et al. (2003), estudando as águas superficiais do projeto Jaguaribe-Apodi observaram que a condutividade elétrica das águas superficiais ao longo do período estudado apresentou de maneira geral uma pequena variabilidade, tanto temporal como espacial. Já Mesquita (2004), estudando a qualidade das águas empregadas nos distritos irrigados da bacia do Acaraú-Ceará, observou que as maiores concentrações de sais foram registradas no período chuvoso.

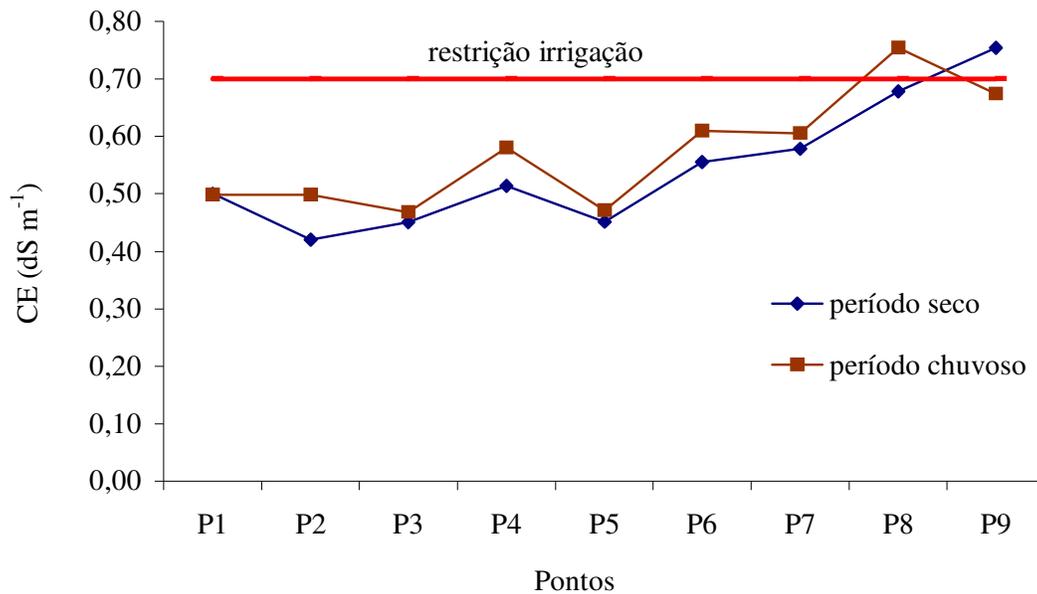


FIGURA 24 - Variação sazonal dos valores médios da condutividade elétrica ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.8. Razão de Adsorção de Sódio (RAS)

Na Figura 25 observa-se a tendência dos valores da RAS nos períodos seco e chuvoso. Os maiores valores foram registrados no período chuvoso, o que já era esperado, haja vista que o sódio também possui valores maiores no período chuvoso, além do que, os valores de magnésio e cálcio foram, de uma maneira geral, maiores no período seco. É no período chuvoso onde há lixiviação e carreamento de sais ao longo dos cursos d'água, desta maneira é justificado que os valores encontrados da RAS, assim como os de sódio, sejam mais elevados no período chuvoso.

Palácio et al. (2004) estudando a qualidade das águas do vale perenizado do rio Trussu, observaram que na estação chuvosa há uma leve tendência a redução nos valores da RAS, como decorrência da diluição dos sais.

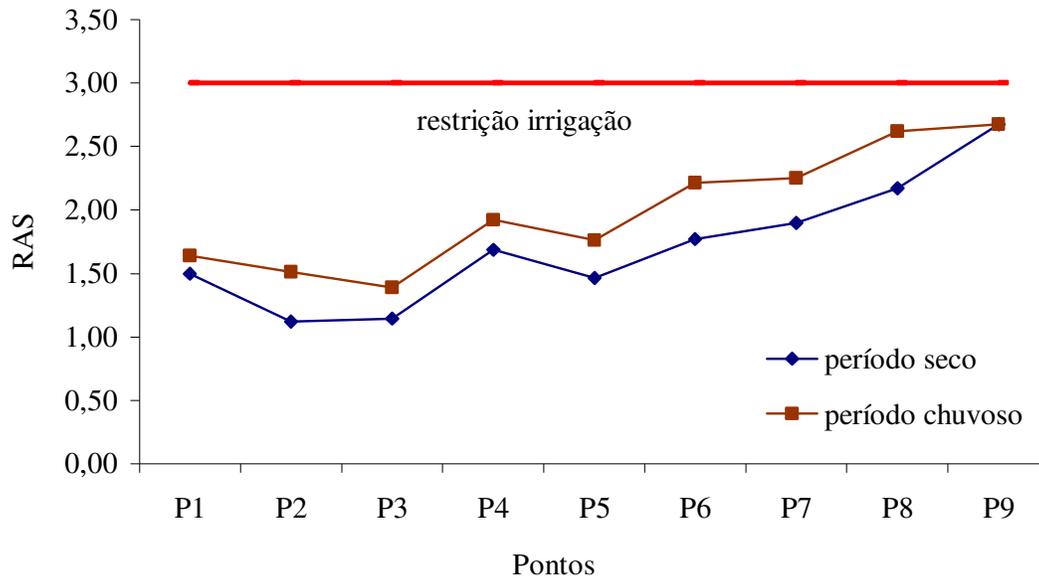


FIGURA 25 - Variação sazonal dos valores médios da RAS ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.9. Sólidos dissolvidos

Os valores médios dos sólidos dissolvidos nos períodos, seco e chuvoso, podem ser vistos na Figura 26. A exceção do ponto 9, todos os pontos estudados obtiveram valores médios maiores no período chuvoso que no seco, tal fato já era esperado, haja vista que com o advento das chuvas há forte “arraste” de sedimentos e lixiviação, e com ela maior incremento de sólidos dissolvidos.

O monitoramento dos sólidos dissolvidos é de fundamental importância, em virtude de detectar as tendências de aumento de erosão numa bacia hidrográfica, sobretudo, quando realizadas em áreas de descargas de esgotos domésticos (HERMES & SILVA, 2004). Resultados semelhantes foram obtidos por Ribeiro et al. (2005) analisando a variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de uma fonte hídrica superficial. Os referidos autores observaram que no período chuvoso houve incremento dos valores dos parâmetros físicos, dentre eles os sólidos suspensos em virtude do escoamento superficial.

Pela Figura 26 pode-se observar a existência de restrição quanto ao uso das águas para a irrigação nos pontos 4, 6, 7, 8 e 9. Acredita-se que este fato seja em decorrência da degradação das matas ciliares ao longo de todo o curso de perenização do rio Curu, uma vez que os menores valores foram registrados no ponto 5, local que apresenta uma melhor conservação da mata ciliar (Figura 15). Mais uma vez o ponto 4 (jusante da cidade de Pentecoste) apresenta valores superiores aos pontos vizinhos, tanto no período seco como no chuvoso, o que pode ser explicado tanto pela degradação das matas ciliares como pela poluição de suas águas através dos esgotos municipais. Com relação ao consumo humano pode-se observar na Figura 26, que não há restrições de uso em nenhum ponto da bacia conforme a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Amorim & D'Assunção (1997), estudando a qualidade das águas na bacia hidrográfica do Curu nos períodos seco e chuvoso, verificaram que os valores de STD (Sólidos Totais Dissolvidos) permaneceram em torno de 200 e 400 mg L⁻¹ em quase todos os açudes, a exceção do Pereira de Miranda e General Sampaio onde esses valores ultrapassaram 500 mg L⁻¹ em dez/94, no final do período seco.

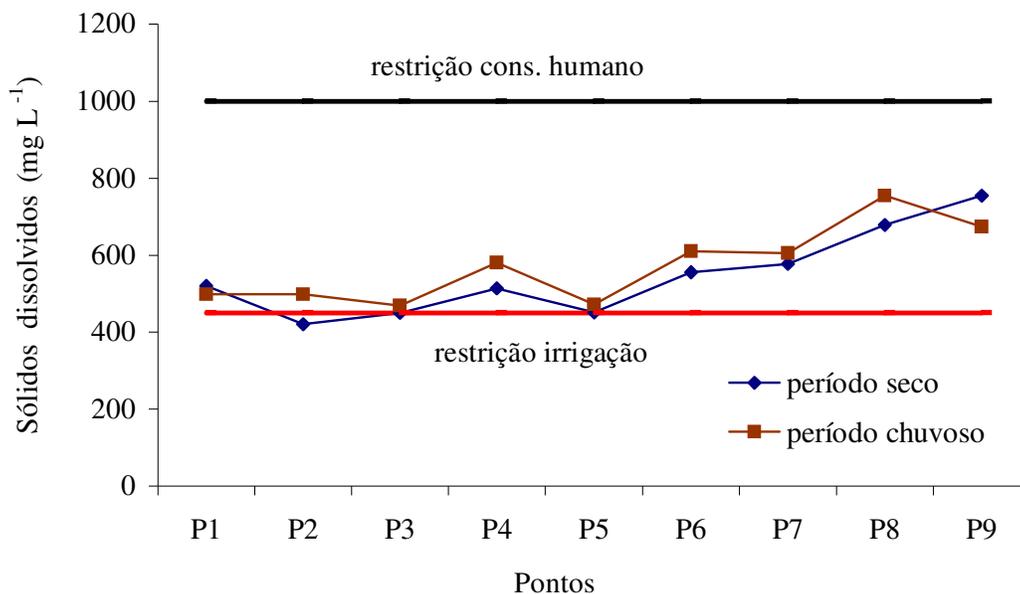


FIGURA 26 - Variação sazonal dos valores médios dos sólidos dissolvidos ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.2.10. pH

Quanto ao pH, de acordo com a Figura 27, nota-se um comportamento homogêneo no que diz respeito aos períodos seco e chuvoso. Verifica-se um pico no ponto 2, provavelmente em virtude dos solos da região e um declínio no ponto 4, atribuída, provavelmente, a carga poluidora do rio Canindé que faz com que haja uma acidificação das águas. Contudo para este parâmetro, não há restrição quanto ao uso das águas. Resultados semelhantes foram obtidos por Palácio et al. (2004), analisando a qualidade das águas do Vale perenizado do Trussu em Iguatu-Ceará, onde os valores de pH se mantiveram entre 6 e 8 ao longo do estudo.

Com relação à restrição do uso destas águas, nota-se que apenas no ponto 2 no período seco há uma ligeira restrição quanto à utilização destas águas, segundo Ayers & Westcot (1999).

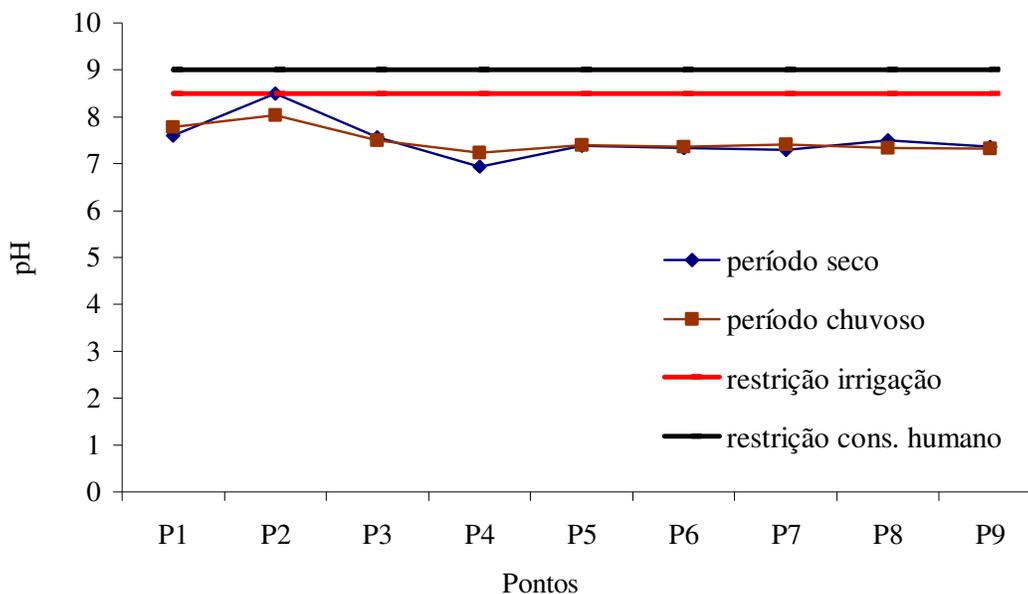


FIGURA 27 - Variação sazonal dos valores médios do pH ao longo do trecho perenizado da bacia do Curu, para o período de outubro/04 a setembro/05.

4.3. Classificação das águas estudadas

A classificação das águas da bacia do Curu, quanto a sua composição iônica, fundamentou-se na proposta de Davies e Dawiest (1966) “Triângulo de Piper”. Esta classificação é função das concentrações de cálcio, magnésio, da soma de sódio e potássio, e

ainda, pelos ânions cloretos, sulfatos e a soma de carbonatos com bicarbonatos (MESQUITA et al., 2004). As águas foram classificadas de acordo com o período realizado das coletas, ou seja, período seco e chuvoso.

4.3.1. Período seco

As coletas realizadas na estação seca correspondem ao período de outubro a dezembro de 2004 e julho a setembro de 2005. Observa-se na Figura 28 que 83% das águas analisadas, foram classificadas como cloretadas, cálcicas ou magnesianas e 16,7% foram classificadas como águas cloretadas sódicas. Observando os triângulos menores, os quais indicam a predominância de cátions e ânions, verificou-se que para os cátions a predominância foi de águas mistas com 83,3% e 16,7% para sódicas, enquanto para os ânions foi de 100% para os cloretos.

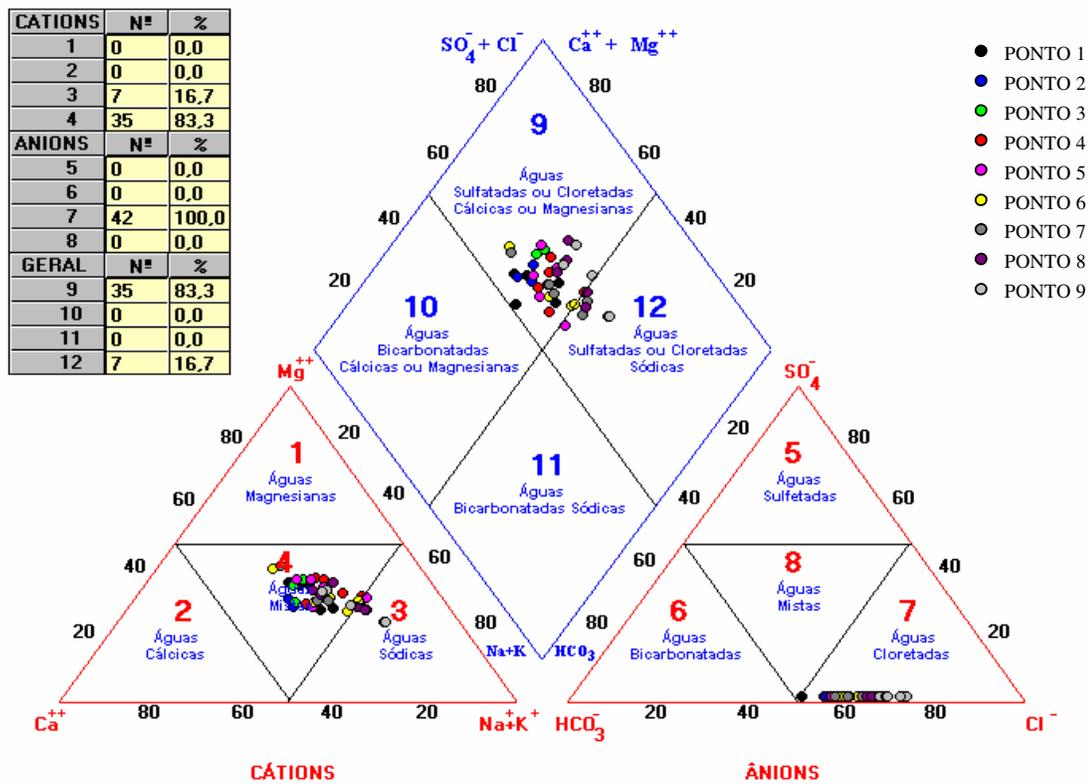


FIGURA 28 - Diagrama de Piper para o período seco.

4.3.2. Período chuvoso

As coletas foram realizadas entre os meses de janeiro a junho de 2005, perfazendo um total de 60 amostras. Através da Figura 29, pode-se observar que 96,7% das águas coletadas foram classificadas como cloretadas e apenas 3,3% de bicarbonatadas. Tal fato pode ser justificado em virtude da geologia da bacia em estudo, onde predomina o cristalino.

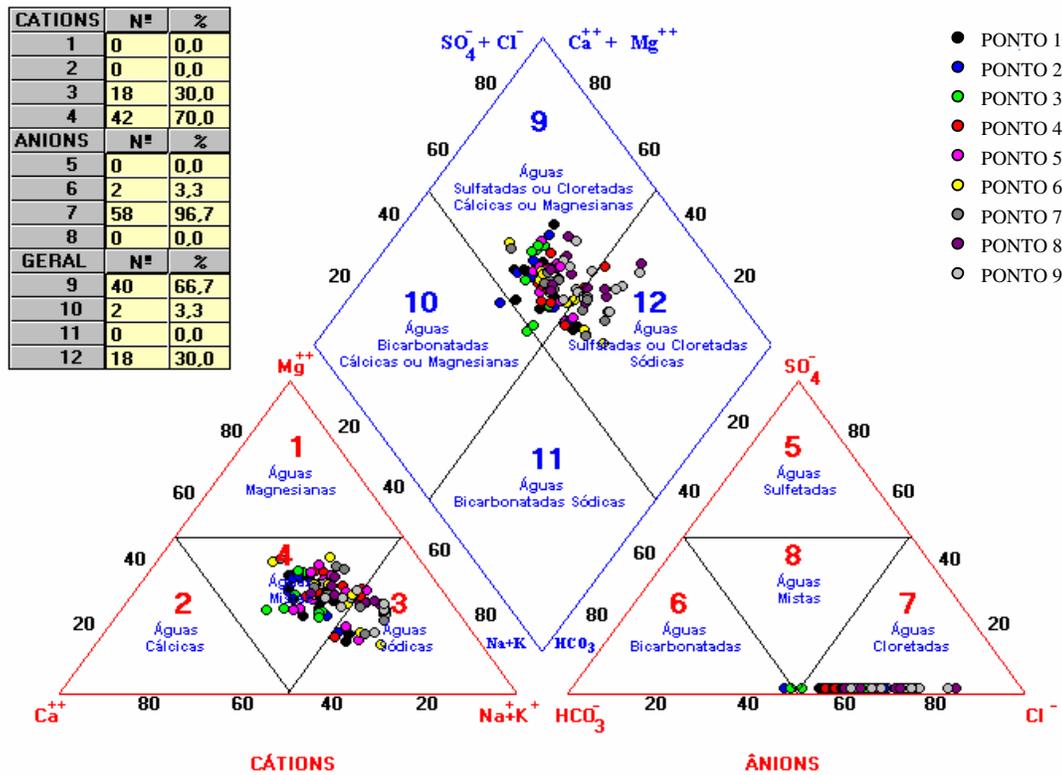


FIGURA 29 - Diagrama de Piper para o período chuvoso.

Observa-se que no período chuvoso há uma maior dispersão dos pontos quanto à classificação das águas, isto ocorre em virtude da adição de sais às águas pelo processo de escoamento superficial. Autores como (SILVA JUNIOR et al., 2000) comentam que, em geral, as águas do cristalino são classificadas como cloretadas.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tomando como base os resultados alcançados neste estudo conclui-se que:

1. Houve um acréscimo nos valores médios em quase todos os parâmetros estudados ao longo da bacia do Curu confirmando a variabilidade espacial da qualidade das águas, em especial a partir do ponto P6 (confluência dos rios Curu, Canindé e Caxitoré), com destaque ao cloreto, aos sólidos solúveis, RAS e sódio;
2. Durante todo o período de estudo observou-se interferência antrópica ao longo da bacia do Curu, com destaque para os pontos 4 (jusante da cidade de Pentecoste) e 8 (jusante do Perímetro Curu-Paraipaba);
3. Com relação ao sódio observou-se maiores valores médios encontrados nos pontos 8 e 9, onde há restrição para irrigação, contudo sem restrições para o consumo humano;
4. Quanto ao cloreto notou-se um incremento ao longo da bacia. O ponto 4 (rio Canindé – jusante da cidade de Pentecoste) destaca-se comparado com os pontos vizinhos pelo maior valor encontrado em virtude da contaminação por sabão e esgotos oriundos da cidade de Pentecoste. O ponto P8 em virtude da lixiviação de sais e drenagem do perímetro Curu-Paraipaba e o P9 em virtude da proximidade do mar. O parâmetro potássio apresentou restrição em todos os pontos para a irrigação;
5. Quanto aos sólidos dissolvidos, observou-se mais uma vez o destaque do ponto P4, (rio Canindé no município de Pentecoste), em virtude possivelmente da degradação das matas ciliares ao longo deste rio. Os pontos analisados apresentaram restrição de ligeira à moderada quanto ao uso das águas para a irrigação;
6. Para os parâmetros considerados, não houve nenhuma restrição de uso das águas analisadas ao consumo humano;
7. No período chuvoso, observa-se de uma maneira geral que há incremento dos sais, em virtude principalmente da lixiviação e “arraste” de partículas oriundas do solo;

Sugere-se que haja um estudo mais profundo estabelecendo uma relação mais precisa entre a qualidade das águas superficiais incluindo os açudes, e dos solos da bacia, com o intuito de se poder utilizar o mapa de solos da região como indicador de salinidade das águas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSECA, T. G.; ANDRADE, E. M.; RODRIGUES, J. O.; LOPES, J. F. B. **Ação do clima na Dinâmica do nitrato e cloreto no lençol freático do DIBA, Ceará.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1 CD.

ALMEIDA, M. M; D'ASSUMPÇÃO, A. L. G; MÔBUS, G.; ALEXANDRE, A. M. B; LIMA, Y. C. P. **Qualidade das águas em reservatórios da bacia metropolitana de Fortaleza para uso em irrigação.** In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1 CD.

AMANCIO, A. L. L; FARIAS, W. R. L; SILVA NETO, A. R. da; LOPES, A. S. **Caracterização dos parâmetros físico-químicos do Açude Pereira de Miranda - Pentecoste/CE.** Revista Ciência Agrônômica, Fortaleza – CE, v.35, n.2, 2004. p. 340 – 348.

AMORIM, B.; D'ASSUMPÇÃO, A. L. G **Caracterização da qualidade da água em reservatório das bacias metropolitanas Ceará-Brasil.** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais 3. Vitória-ES. 718p. 1997.

ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; NESS, R. L. L.; CRUZ, M. G. M. **Irrigation land use impacts in Baixo Jaguaribe Watershed.** In: The 4th Inter-Regional Conference on Environment-Water. Fortaleza. 2001. p.279-284.

ANDRADE, E. M.; QUEIROZ, H. A.; D'ALMEIDA, D. M. B. A.; CARNEIRO NETO, J. A.; RODRIGUES, F. E. A. **Avaliação das condições de toxidade do cloreto nos açudes públicos no estado do Ceará.** In: Anais do XV simpósio brasileiro de recursos hídricos - desafios à gestão da água no limiar do século XXI, Curitiba, Nov. 2003. CD-room.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Estudos, irrigação e drenagem 29, revisado 1. 2ª Ed. Campina Grande, UFPB, 1999, 153p.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. **A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido um estudo de caso.** In: Seminário franco Brasileiro de Pequena Irrigação, 1990. Recife, Anais. Recife (s.n), 1990. p. 147-153.

BRANCO, S. M. E.; ROCHA, A. A. **Elementos de Ciência do Ambiente**. São Paulo. CETESB, 1982.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Institui as normas e padrões de potabilidade de água destinada ao consumo humano. Brasília: Gabinete do Ministro da Saúde.

BROOKS, K. N.; FFALLIOTT, P. E.; GREGERSEN, H. M.; THAMES, J. L. **Hydrology and the management of watersheds**. 1st. Ed. Iowa State University Press. Ames. 1993. 392 p.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. Areia: CCA/UFPB, 2000. 91p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 357**: de 17 de março de 2005.

CRISPIM, M. C.; LEITE, R. L.; WATANABE, T. **Diferenças nas comunidades zooplancônicas de dois açude vizinhos, no município de Taperoá, semi-árido da Paraíba**. In: Encontro Nordestino de Biogeografia, 1., 2000. Anais. CD-Room. 2000.

CRUZ, M. das G. M. **Avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas do distrito de irrigação Jaguaribe-Apodi**. 2001. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CRUZ, M. G. M.; ANDRADE, E. M.; NESS, R. L. L.; MEIRELES, A. C. M. **Caracterização das águas superficiais e subterrâneas do projeto Jaguaribe-Apodi**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p.187-194, jan./abr. 2003.

CRUZ, H. P.; COIMBRA, R. M.; FREITAS, M. A. V. **Vulnerabilidade climática e recursos hídricos no Nordeste**. Brasília. Agência Nacional de Água, 1999. Disponível em. <<http://www.Ana.gov.Br/críticos/Situações/secatextocorrelato/vulnerabilidade - climatica.html>>. Acesso em 03 abril.2006.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodi-CE**. 2002. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

DAMASCENO, O. M. L.; ANDRADE JÚNIOR; S. A.; SILVA, F.F.E.; LEAL, M. C. **Qualidade da água do rio Poty para consumo humano, na região de Teresina, Pi.** In. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, livro de resumos. João Pessoa - PB 942p, 2005.

DAVIES, S. N.; DEWEST. **Hydrogeology.** New York, John Willey, 1966, 463p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. In: <http://www.funceme.br>. Acesso em 08/04/2006.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano Diretor da Bacia do Curu (Estudos Complementares, v. II; Tomo 1).** Fortaleza, 1996.

GORAYEB, A. **Análise Geoambiental e dos Impactos na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará - Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, agosto de 2004.

GRAZIANO, F. **Agricultura: a produção de água limpa.** Agroanalysis. v.18, n.3, p.60-63, 1998.

GURGEL, J. J. S. **A pesca nos açudes do Estado do Ceara relacionada com alguns fatores limnológicos.** 2001. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ J. M.; FERNANDEZ, L. **Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis.** Water Research, Amsterdam, v. 34, n.3, p. 807-816, 2000.

HERMES, L. C.; SILVA, A. S. **Avaliação da qualidade das águas: manual prático.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.55, 2004.

HOLANDA, J. S., de; AMORIM, J. R. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. In: Gheiy, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (ed). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997, p. 137-169.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade química da água dos açudes do Nordeste. Recife**. SUDENE, 1989. 97p. (Série Hidrológica, 26).

LATUF, M. de O.; CARMO, L. F. Z.; MACHADO, P. J. de O.; RINCO, L.; VALLE, G. de M. **Avaliação qualitativa das águas do rio Paraíba na área urbana do município de Juiz de Fora/MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa-PB. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1 CD.

LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: Relatório Final do Convênio Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE-DRN, 1983. p.91-141. (Convênio SUDENE/ORSTOM).

LIMA, J. O. G. de, SANTIAGO, M, M. F.; FILHO, J. M., FERREIRA, R. M. da S.; FRISCHKORN, H. **A variação sazonal das concentrações dos íons sulfato, cálcio e magnésio; o caso do açude Santo Anastácio**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa-PB. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1 CD.

MELO JÚNIOR, G. COSTA, C. E. de S. NETO, I. C. **Avaliação hidroquímica e da qualidade das águas de um trecho do rio Açú, Rio Grande do Norte**. Revista de Geologia, v. 16, n. 2, p 27-36, 2003.

MENDONÇA, L. A. R.; PEREIRA, L.; SANTIAGO, M. F.; FRISCHKORN, H. de ARAÚJO, J. C; MENDES FILHO, J; LIMA, J. O. G. de, **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas da bacia do Gameleira – Aiuaba no cristalino cearense**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis/SC, 2003.

MESQUITA, T. B. de. **Caracterização da qualidade das águas empregadas nos distritos irrigados da Bacia do Acaraú**. Fortaleza, 2004. 62f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MESQUITA, T. B. de; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L.A.; MEIRELES, A. C. M. **Classificação das águas na bacia do Acaraú.** São Luis-Ma.VII simpósio de recursos hídricos do nordeste, São Luis, Dez 2004.

NEWELL, G. J.; HOPKINS, L. P.; BEDIENT, P. B. **A hydrogeologic data for groundwater modeling.** Journal of Groundwater, vol. 28, 1990. p. 703-714.

OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil:** Guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, Funesp, 1992, 201p.

PALÁCIO, H. A. Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará.** 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PALÁCIO. H. A. Q.; NETO, J. A. C.; TEIXEIRA A. S.; ANDRADE E. M. **Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu – CE.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza – CE, v.35, n.2, 2004. p. 326 – 334.

PALÁCIO. H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; NETO. J. A. C. CRISOSTOMO, L. A.; OLIVEIRA, N. L. **Avaliação da Qualidade das Águas do Vale Perenizado do Rio Trussu, para fins de irrigação.** VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.

PEREIRA, O. J.; MATIAS FILHO, J.; MONTEIRO, M. L.; VIANA, E. de Q. **Qualidade da água de irrigação dos perímetros irrigados do vale Curu e Morada Nova (de outubro de 1978 a 1980).** Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 14 (1/2), p.69-89, 1983.

PEREIRA, O. J.; ANDRADE, E. M. de; MATIAS FILHO, J. **Variação do Teor de Sais no Solo Irrigado por Aspersão e Ação da Chuva na sua Lixiviação.** Ciência Agronômica, Fortaleza, v.17, n.1, p. 61-65, 1983.

PEREIRA, F. A. M.; HOLANDA, J. S. de; MEDEIROS, J.d' A. F.; BRITO, R. A. L. **Qualidade de água para irrigação no Seridó-RN.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9.1991, Natal. Anais... Fortaleza, 1992. 2v. em 5. (tomo 1).p.543-62.

PEREIRA, L.; SANTIAGO, M. M.; FRISCHKORN, H; ARAÚJO, J.C; FILHO, J.M.; LIMA, J.O.G. **Processos de salinização de águas superficiais e subterrâneas em Aiuaba/CE.** In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. Anais...
Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1 CD.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola, Española S.A., 1978 .521p.

PORTO, M. F.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. **Caracterização da qualidade da água**. In: PORTO, R. L.(org). Hidrologia ambiental. São Paulo: editora da Universidade de São Paulo, 1991. v.3.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 9ª Ed. 3ª reimpressão, 1990, 549p.

REVISTA ECONÔMICA DO NORDESTE, Fortaleza, v.31, n. 1, p. 1-151, jan-mar, 2000.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. da S.; PATERNIANI, J. E. S. **Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.3, p.295-301 jul./set, 2005.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. US Salinity Laboratory Staff. US Dept. Agric. Handbook n. 60. USA. 160p. 1954.

RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J. R de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB, 1992. 117p. (Estudos FAO:Irrigação e Drenagem, 48).

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; AFONSECA, T. G.; LOPES, J. F. B. **Avaliação da condutividade elétrica e dos níveis do íon sódio no lençol freático do Baixo Acaraú, Ceará**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 1 CD.

SANTIAGO, M. M. F. **Mecanismos de salinização em regiões semi-áridas. Estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará**. 1984. 175p. Tese (Doutoramento em Geologia Geral e de Aplicação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática**. Campina Grande-PB: (s. n. t), 2000. 171p.

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity**. A world-wide survey. New Delhi. International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.

SILVA JÚNIOR, L. G. de A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. **Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 11-17, 1999.

SILVA JUNIOR, J. N; SOUSA, A. R.; SÁ, V. A. L.; LIMNA, B. P. **Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais visando à irrigação no sertão de Pernambuco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.2, p.189-193, maio, 2000.

SMEDEMA, L. K.; SHIATI, K. **Irrigation and salinity: a perspective review of the salinity hazards of irrigation development in the arid zone**. Irrigation and Drainage Systems, Netherlands, v.16, n.2, p.161-174, 2002.

SKORGERBOE, G. V.; WALKER, W. R.; EVANS, R. G.; MALANO, H. M. **Manual de planejamento para o manejo da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande-PB: UFPB. Tradução de Santos, J.G.R.; Gheyi, H. R., 1997. 207P.

SUASSUNA, J.; AUDRY, P. **Estudo da salinidade das águas de irrigação das propriedades do GAT e da sua evolução sazonal durante os anos de 1988 e 1989**. Catálogo de observações de campo e dos resultados de análises. Recife:CNPq, 1992. 318p.

SUASSUNA, J. **O processo de salinização das águas superficiais e subterrâneas no Nordeste Brasileiro**. Fundação Joaquim Nabuco. 1992. Acesso: 15 de abril de 2006. <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/orig2.html>.

SUASSUNA, J. **A Salinidade de águas do nordeste semi-árido. Mesa redonda na 4ª reunião especial da SBPC em Feira de Santana (BA), ocorrido no período de 24 a 28 de novembro de 1996**. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/dest/mesa.html>> Acesso: 13 de março de 2006.

VIEIRA, A C. B.; MARINHO, F. B.; CRISPIM, M. C. **Variação temporal de parâmetros físicos e químicos em três diferentes tipos de ambientes aquáticos do semi-árido paraibano**. In: Encontro Intercontinental da Natureza, 2 a 8 de novembro de 2005, Fortaleza. Anais do Encontro Intercontinental da Natureza.

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: Yaron, E.; DANFORS, E.; VAADIP, Y. (eds). **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1973, p. 71-88. Ecological Studies, 5.

WICHELNS, D.; CONE, D.; STUHR, G. **Evaluating the impact of irrigation and drainage policies on agricultural sustainability**. Irrigation and Drainage Systems, Netherlands, v.16, n.1, p.1-14, 2002.

ANEXOS

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU – PONTO 01 (SERROTA - PENTECOSTE)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
1	18/10/04	1,20	1,50	1,30	0,10	2,40	1,70	0,42	1,14	7,90	420
1	23/11/04	1,20	1,60	1,40	0,20	2,10	2,00	0,43	1,15	8,30	430
1	06/01/05	1,50	1,50	1,40	0,10	2,50	1,80	0,43	1,18	7,80	430
1	21/01/05	1,50	1,30	1,40	0,20	2,80	1,60	0,44	1,16	8,40	440
1	18/02/05	1,50	1,80	1,40	0,20	3,40	1,30	0,50	1,10	8,70	500
1	21/03/05	1,60	1,10	1,70	0,20	2,80	1,80	0,45	1,45	7,40	450
1	10/05/05	1,50	1,00	2,60	0,40	3,20	2,20	0,55	2,33	7,50	550
1	25/05/05	1,70	0,90	2,90	0,30	3,40	2,20	0,55	2,52	7,50	550
1	22/06/05	1,80	1,60	2,30	0,30	3,20	2,60	0,57	1,76	7,20	570
1	22/07/05	1,70	1,90	2,80	0,20	4,00	2,60	0,66	2,10	6,90	660
1	17/08/05	1,80	1,80	2,50	0,20	4,00	2,20	0,60	1,87	7,50	600
1	19/09/05	1,50	1,80	1,40	0,10	2,80	2,20	0,49	1,09	7,60	490
1	Média	1,54	1,48	1,92	0,20	3,05	2,01	0,50	1,57	7,73	507
1	C.V.	0,13	0,23	0,33	0,43	0,20	0,19	0,15	0,33	0,07	0,15

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU PONTO 02 (CANAL FEVC - PENTECOSTE)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
2	18/10/04	1,20	1,50	1,20	0,10	2,20	1,70	0,41	1,08	8,40	410
2	23/11/04	1,50	1,30	1,40	0,20	2,40	1,70	0,43	1,16	8,60	430
2	06/01/05	1,30	1,70	1,30	0,20	1,60	1,80	0,43	1,06	8,00	430
2	21/01/05	1,50	1,80	1,40	0,20	3,20	1,70	0,47	1,08	8,00	470
2	18/02/05	1,40	1,80	1,40	0,20	3,20	1,40	0,48	1,13	8,60	480
2	10/05/05	1,60	1,00	2,60	0,20	3,20	2,20	0,53	2,33	7,90	530
2	22/06/05	1,70	1,40	2,40	0,30	3,40	2,40	0,58	1,96	7,70	580
2	22/07/05	1,70	2,10	2,40	0,20	3,80	6,20	0,62	1,79	7,70	620
2	19/09/05	1,70	1,60	1,50	0,20	3,20	2,00	0,50	1,15	7,00	500
2	Média	1,51	1,57	1,73	0,20	2,91	2,34	0,49	1,41	7,98	494
2	C.V.	0,122	0,205	0,323	0,252	0,290	0,630	0,144	0,339	0,064	0,150

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU PONTO 03 (CANAL RIACHO DA PORTA - PENTECOSTE)

Pont	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
3	18/10/04	1,30	1,20	1,30	0,10	2,40	1,60	0,41	1,19	7,70	410
3	23/11/04	1,30	1,80	1,40	0,20	3,00	1,50	0,45	1,13	8,20	450
3	06/01/05	1,70	1,20	1,40	0,20	2,60	2,00	0,44	1,18	7,30	440
3	21/01/05	1,40	1,90	1,40	0,20	3,20	1,70	0,47	1,09	8,10	470
3	18/02/05	2,10	1,30	1,40	0,20	3,20	1,90	0,49	1,10	7,60	490
3	10/05/05	1,40	1,20	1,90	0,20	2,40	2,30	0,46	1,68	6,90	460
3	25/05/05	1,10	0,90	1,40	0,20	1,80	1,90	0,36	1,39	7,50	360
3	22/06/05	1,90	1,40	2,40	0,30	3,40	2,50	0,59	1,91	7,60	590
3	19/09/05	1,60	1,90	1,50	0,20	3,40	1,90	0,49	1,12	6,80	490
3	Média	1,53	1,42	1,57	0,20	2,82	1,92	0,46	1,31	7,52	462
3	C.V	0,208	0,257	0,228	0,250	0,195	0,166	0,136	0,225	0,063	0,136

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU PONTO 04 (RIO CANINDÉ - PENTECOSTE)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
4	18/10/04	1,00	1,60	1,40	0,10	2,80	1,40	0,40	1,29	7,00	400
4	23/11/04	1,00	1,70	1,60	0,10	2,60	1,80	0,44	1,37	6,90	440
4	06/01/05	1,10	1,60	1,80	0,20	2,60	2,00	0,45	1,53	6,40	450
4	21/01/05	0,90	2,10	1,60	0,20	3,00	1,80	0,47	1,35	7,40	470
4	18/02/05	1,30	1,50	1,80	0,10	2,80	1,90	0,48	1,58	7,30	480
4	21/03/05	1,20	1,70	1,90	0,20	3,00	2,00	0,48	1,61	7,50	480
4	10/05/05	1,80	1,00	2,80	0,20	3,20	2,30	0,55	2,37	7,20	550
4	25/05/05	1,90	3,10	4,90	0,30	8,00	2,40	1,05	3,08	7,60	1050
4	22/06/05	1,40	1,80	2,40	0,20	3,40	2,40	0,58	1,92	7,20	580
4	22/07/05	1,30	2,10	2,60	0,20	3,10	2,30	0,61	2,03	7,50	610
4	17/08/05	1,10	2,10	3,00	0,20	4,40	2,00	0,61	2,36	6,60	610
4	19/09/05	1,50	1,50	1,70	0,20	3,40	1,90	0,51	1,39	6,70	510
4	Média	1,29	1,82	2,29	0,18	3,52	2,02	0,55	1,82	7,11	552
4	C.V	0,244	0,282	0,425	0,315	0,423	0,146	0,309	0,301	0,055	0,309

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU - CURU – PONTO 05 (RIO CAXITORÉ - PENTECOSTE)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
5	18/10/04	1,00	1,50	1,30	0,10	2,40	1,60	0,40	1,14	7,40	400
5	23/11/04	1,10	1,10	1,40	0,10	2,20	1,60	0,37	1,41	7,40	370
5	06/01/05	1,30	1,00	1,40	0,10	2,40	1,60	0,39	1,32	6,70	390
5	21/01/05	1,00	1,80	1,50	0,10	2,80	1,70	0,44	1,31	7,80	440
5	18/02/05	1,80	1,30	1,80	0,10	3,20	1,90	0,51	1,47	7,40	510
5	21/03/05	1,00	1,50	2,00	0,20	2,80	1,80	0,45	1,74	7,70	450
5	10/05/05	1,70	1,30	3,10	0,20	3,80	2,40	0,61	2,56	7,30	610
5	25/05/05	1,00	0,60	2,00	0,20	2,20	1,40	0,36	2,29	7,40	360
5	22/06/05	1,20	2,10	2,10	0,20	3,60	1,80	0,54	1,64	7,50	540
5	22/07/05	1,20	1,80	1,80	0,20	3,40	1,70	0,49	1,52	7,60	490
5	17/08/05	0,80	1,60	2,30	0,20	3,00	2,10	0,49	2,13	7,20	490
5	19/09/05	1,50	2,00	1,50	0,20	3,60	1,80	0,51	1,13	7,30	510
5	Média	1,22	1,47	1,85	0,16	2,95	1,78	0,46	1,64	7,39	463
5	C.V	0,252	0,297	0,274	0,325	0,194	0,147	0,163	0,281	0,038	0,163

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU - CURU – PONTO 06 (CANAL RIACHO DA PORTA - PENTECOSTE)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
6	18/10/04	1,50	1,60	2,00	0,10	3,20	2,00	0,53	1,60	7,70	530
6	23/11/04	1,20	1,60	1,90	0,20	3,00	2,00	0,51	1,60	7,40	510
6	06/01/05	1,30	1,70	1,80	0,10	3,00	2,00	0,50	1,44	6,50	500
6	21/01/05	1,00	2,30	1,90	0,10	3,40	2,10	0,54	1,49	7,60	540
6	18/02/05	1,40	1,80	1,90	0,10	3,20	2,00	0,52	1,54	7,40	520
6	21/03/05	1,30	1,90	2,10	0,20	3,40	2,20	0,57	1,68	7,60	570
6	10/05/5	2,00	1,50	4,40	0,20	5,00	3,10	0,79	3,35	7,20	790
6	25/05/05	1,40	0,90	3,70	0,30	4,00	2,30	0,62	3,49	7,60	620
6	22/06/05	1,50	2,30	3,40	0,20	4,60	2,80	0,73	2,51	7,60	730
6	22/07/05	1,40	1,70	2,80	0,20	4,00	2,30	0,61	2,27	7,40	610
6	17/08/05	1,20	2,00	3,00	0,20	4,00	2,20	0,60	2,43	7,30	600
6	19/09/05	1,80	2,30	1,30	0,10	3,20	2,20	0,53	0,95	6,90	530
6	Média	1,42	1,80	2,52	0,17	3,67	2,27	0,59	2,03	7,35	587
6	C.V	0,190	0,225	0,371	0,391	0,178	0,152	0,154	0,389	0,047	0,154

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU – (PONTO 07– PONTE SÃO LUIS DO CURU)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
7	18/10/04	1,50	1,70	2,10	0,10	3,40	2,10	0,53	1,66	7,60	530
7	23/11/04	1,30	1,60	2,00	0,20	3,20	2,00	0,51	1,64	7,50	510
7	06/01/05	1,40	1,70	1,90	0,10	3,20	1,90	0,52	1,58	6,60	520
7	21/01/0	1,00	2,10	2,00	0,10	3,20	2,10	0,53	1,57	7,60	530
7	18/02/05	1,50	1,60	1,90	0,10	3,40	1,90	0,52	1,54	7,50	520
7	21/03/05	1,00	2,20	2,20	0,20	3,60	2,00	0,57	1,76	7,70	570
7	10/05/05	2,00	1,50	4,70	0,20	5,00	3,20	0,81	3,55	7,50	810
7	25/05/05	1,00	1,30	3,20	0,30	3,80	1,80	0,56	3,00	7,50	560
7	22/06/05	1,50	2,00	3,70	0,20	5,00	2,40	0,73	2,76	7,50	730
7	22/07/05	1,30	2,00	3,40	0,20	4,60	2,20	0,67	2,64	7,60	670
7	17/08/05	1,10	1,70	3,00	0,20	4,00	2,20	0,61	2,58	7,20	610
7	19/09/05	1,70	2,40	1,40	0,10	3,40	2,40	0,57	0,97	6,60	570
7	Média	1,36	1,82	2,63	0,17	3,82	2,18	0,59	2,10	7,37	594
7	C.V	0,227	0,177	0,369	0,391	0,180	0,170	0,160	0,366	0,051	0,160

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU (PONTE CE 085 – PARAIPABA)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
8	18/10/04	1,80	2,30	2,70	0,10	4,40	2,30	0,68	1,90	7,70	680
8	23/11/04	1,30	2,30	2,40	0,10	4,20	1,80	0,60	1,75	7,60	600
8	06/01/05	1,40	1,80	2,40	0,20	4,00	1,90	0,58	1,87	6,90	580
8	21/01/05	1,20	2,10	2,30	0,10	3,60	2,20	0,57	1,79	7,90	570
8	18/02/05	1,50	1,60	1,90	0,10	3,40	1,90	0,59	1,70	7,00	590
8	21/03/05	1,30	1,90	2,30	0,10	3,40	2,20	0,57	1,84	7,60	570
8	10/05/05	1,70	3,00	5,90	0,20	8,00	3,10	1,09	3,90	7,30	1090
8	25/05/05	1,50	2,50	5,50	0,20	8,30	1,40	0,97	3,87	7,30	970
8	22/06/05	1,50	2,70	4,90	0,20	6,80	2,50	0,91	3,35	7,40	910
8	22/07/05	1,60	2,40	3,90	0,20	5,40	2,40	0,79	2,77	7,70	790
8	17/08/05	1,30	2,00	3,50	0,20	4,40	2,20	0,67	2,73	7,50	670
8	19/09/05	1,80	2,30	2,40	0,10	5,00	1,80	0,65	1,70	7,00	650
8	Média	1,49	2,24	3,34	0,15	5,07	2,14	0,72	2,43	7,41	722
8	C.V	0,135	0,175	0,416	0,348	0,339	0,201	0,245	0,355	0,043	0,245

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

DADOS OFICIAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NAS AMOSTRAS COLETADAS NA BACIA DO CURU – PONTO 09 (FAZENDA PEDRAS – PARAIPABA)

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
9	18/10/04	1,70	2,50	2,70	0,20	4,80	2,20	0,69	1,86	7,50	690
9	23/11/04	1,80	2,50	2,80	0,10	5,60	1,90	0,75	1,93	7,50	750
9	06/01/05	1,40	1,50	2,50	0,20	3,80	1,90	0,58	2,03	6,90	580
9	21/01/05	1,20	2,10	3,00	0,20	4,40	2,20	0,65	2,33	7,60	650
9	18/02/05	1,60	1,80	2,40	0,20	4,20	1,90	0,59	1,85	7,30	590
9	21/03/05	1,30	1,70	2,60	0,10	3,60	2,20	0,58	2,15	7,70	580
9	10/05/05	1,50	2,50	5,40	0,20	7,60	2,20	0,97	3,86	7,30	970
9	25/05/05	1,40	1,20	3,70	0,20	5,20	1,00	0,62	3,27	7,20	620
9	22/06/05	1,10	2,10	4,10	0,20	5,60	1,80	0,73	3,24	7,30	730
9	22/07/05	1,30	2,00	4,60	0,20	5,60	2,40	0,79	3,60	7,30	790
9	17/08/05	1,20	1,80	4,20	0,20	5,20	2,20	0,73	3,41	7,40	730
9	19/09/05	1,70	2,40	3,70	0,20	6,00	2,20	0,81	2,57	7,10	810
9	Média	1,43	2,00	3,47	0,18	5,13	2,01	0,71	2,67	7,34	707
9	C.V	0,158	0,212	0,276	0,212	0,215	0,182	0,163	0,280	0,030	0,163

Unidades (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) – mmol_c L⁻¹

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 1).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
1	18/10/04	1,20	1,50	1,30	0,10	2,40	1,70	0,42	1,14	7,90	420
1	23/11/04	1,20	1,60	1,40	0,20	2,10	2,00	0,43	1,15	8,30	430
1	22/7/05	1,70	1,90	2,80	0,20	4,00	2,60	0,66	2,10	6,90	660
1	17/8/05	1,80	1,80	2,50	0,20	4,00	2,20	0,60	1,87	7,50	600
1	19/9/05	1,50	1,80	1,40	0,10	2,80	2,20	0,49	1,09	7,60	490
1	Média (s)'	1,50	1,70	1,90	0,20	3,10	2,10	0,50	1,50	7,60	520
1	6/1/05	1,50	1,50	1,40	0,10	2,50	1,80	0,43	1,18	7,80	430
1	21/1/05	1,50	1,30	1,40	0,20	2,80	1,60	0,44	1,16	8,40	440
1	18/2/05	1,50	1,80	1,40	0,20	3,40	1,30	0,50	1,10	8,70	500
1	21/3/05	1,60	1,10	1,70	0,20	2,80	1,80	0,45	1,45	7,40	450
1	10/5/05	1,50	1,00	2,60	0,40	3,20	2,20	0,55	2,33	7,50	550
1	25/5/05	1,70	0,90	2,90	0,30	3,40	2,20	0,55	2,52	7,50	550
1	22/6/05	1,80	1,60	2,30	0,30	3,20	2,60	0,57	1,76	7,20	570
1	Média (c)*	1,59	1,31	1,96	0,24	3,04	1,93	0,50	1,64	7,79	498

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 2).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
2	18/10/04	1,20	1,50	1,20	0,10	2,20	1,70	0,41	1,08	8,40	410
2	23/11/04	1,50	1,30	1,40	0,20	2,40	1,70	0,43	1,16	8,60	430
2	Média (s)'	1,35	1,40	1,30	0,15	2,30	1,70	0,42	1,12	8,50	420
2	06/01/05	1,30	1,70	1,30	0,20	1,60	1,80	0,43	1,06	8,00	430
2	21/01/05	1,50	1,80	1,40	0,20	3,20	1,70	0,47	1,08	8,00	470
2	18/02/05	1,40	1,80	1,40	0,20	3,20	1,40	0,48	1,13	8,60	480
2	10/05/05	1,60	1,00	2,60	0,20	3,20	2,20	0,53	2,33	7,90	530
2	22/06/05	1,70	1,40	2,40	0,30	3,40	2,40	0,58	1,96	7,70	580
2	Média (c)*	1,50	1,54	1,82	0,22	2,92	1,90	0,50	1,51	8,04	498

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 3).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
3	18/10/04	1,30	1,20	1,30	0,10	2,40	1,60	0,41	1,19	7,70	410
3	23/11/04	1,30	1,80	1,40	0,20	3,00	1,50	0,45	1,13	8,20	450
3	19/09/05	1,60	1,90	1,50	0,20	3,40	1,90	0,49	1,12	6,80	490
3	Média (s)'	1,40	1,63	1,40	0,16	2,93	1,66	0,45	1,14	7,56	450
3	6/01/05	1,70	1,02	1,40	0,20	2,60	2,00	0,44	1,18	7,30	440
3	21/01/05	1,40	1,90	1,40	0,20	3,20	1,70	0,47	1,09	8,10	470
3	18/02/05	2,10	1,30	1,40	0,20	3,20	1,90	0,49	1,10	7,60	490
3	10/05/05	1,40	1,20	1,90	0,20	2,40	2,30	0,46	1,68	6,90	460
3	25/05/05	1,10	0,90	1,40	0,20	1,80	1,90	0,36	1,39	7,50	360
3	22/06/05	1,90	1,40	2,40	0,30	3,40	2,50	0,59	1,91	7,60	590
3	Média (c)*	1,60	1,32	1,65	0,22	2,77	2,05	0,47	1,39	7,50	468

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 4).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
4	18/10/04	1,00	1,60	1,40	0,10	2,80	1,40	0,40	1,29	7,00	400
4	23/11/04	1,00	1,70	1,60	0,10	2,60	1,80	0,44	1,37	6,90	440
4	22/07/05	1,30	2,10	2,60	0,20	3,10	2,30	0,61	2,03	7,50	610
4	17/08/05	1,10	2,10	3,00	0,20	4,40	2,00	0,61	2,36	6,60	610
4	19/09/05	1,50	1,50	1,70	0,20	3,40	1,90	0,51	1,39	6,70	510
4	Média (s)'	1,18	1,80	2,06	0,16	3,26	1,88	0,51	1,69	6,94	514
4	6/01/05	1,10	1,60	1,80	0,20	2,60	2,00	0,45	1,53	6,40	450
4	21/01/05	0,90	2,10	1,60	0,20	3,00	1,80	0,47	1,35	7,40	470
4	18/02/05	1,30	1,50	1,80	0,10	2,80	1,90	0,48	1,58	7,30	480
4	21/03/05	1,20	1,70	1,90	0,20	3,00	2,00	0,48	1,61	7,50	480
4	10/05/05	1,80	1,00	2,80	0,20	3,20	2,30	0,55	2,37	7,20	550
4	25/05/05	1,90	3,10	4,90	0,30	8,00	2,40	1,05	3,08	7,60	1050
4	22/06/05	1,40	1,80	2,40	0,20	3,40	2,40	0,58	1,92	7,20	580
4	Média (c)*	1,37	1,83	2,46	0,20	3,71	2,11	0,58	1,92	7,23	580

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 5).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
5	18/10/04	1,00	1,50	1,30	0,10	2,40	1,60	0,40	1,14	7,40	400
5	23/11/04	1,10	1,10	1,40	0,10	2,20	1,60	0,37	1,41	7,40	370
5	22/07/05	1,20	1,80	1,80	0,20	3,40	1,70	0,49	1,52	7,60	490
5	17/08/05	0,80	1,60	2,30	0,20	3,00	2,10	0,49	2,13	7,20	490
5	19/09/05	1,50	2,00	1,50	0,20	3,60	1,80	0,51	1,13	7,30	510
5	Média (s)'	1,12	1,60	1,66	0,16	2,92	1,76	0,45	1,47	7,38	452
5	6/01/05	1,30	1,00	1,40	0,10	2,40	1,60	0,39	1,32	6,70	390
5	21/01/05	1,00	1,80	1,50	0,10	2,80	1,70	0,44	1,31	7,80	440
5	18/02/05	1,80	1,30	1,80	0,10	3,20	1,90	0,51	1,47	7,40	510
5	21/03/05	1,00	1,50	2,00	0,20	2,80	1,80	0,45	1,74	7,70	450
5	10/05/05	1,70	1,30	3,10	0,20	3,80	2,40	0,61	2,56	7,30	610
5	25/05/05	1,00	0,60	2,00	0,20	2,20	1,40	0,36	2,29	7,40	360
5	22/06/05	1,20	2,10	2,10	0,20	3,60	1,80	0,54	1,64	7,50	540
5	Média (c)*	1,28	1,37	1,98	0,16	2,97	1,80	0,47	1,76	7,40	471

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 6).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
6	18/10/04	1,50	1,60	2,00	0,10	3,20	2,00	0,53	1,60	7,70	530
6	23/11/04	1,20	1,60	1,90	0,20	3,00	2,00	0,51	1,60	7,40	510
6	22/07/05	1,40	1,70	2,80	0,20	4,00	2,30	0,61	2,27	7,40	610
6	17/08/05	1,20	2,00	3,00	0,20	4,00	2,20	0,60	2,43	7,30	600
6	19/09/05	1,80	2,30	1,30	0,10	3,20	2,20	0,53	0,95	6,90	530
6	Média (s)'	1,42	1,84	2,20	0,16	3,48	2,14	0,56	1,77	7,34	556
6	06/01/05	1,30	1,70	1,80	0,10	3,00	2,00	0,50	1,44	6,50	500
6	21/01/05	1,00	2,30	1,90	0,10	3,40	2,10	0,54	1,49	7,60	540
6	18/02/05	1,40	1,80	1,90	0,10	3,20	2,00	0,52	1,54	7,40	520
6	21/03/05	1,30	1,90	2,10	0,20	3,40	2,20	0,57	1,68	7,60	570
6	10/05/05	2,00	1,50	4,40	0,20	5,00	3,10	0,79	3,35	7,20	790
6	25/05/05	1,40	0,90	3,70	0,30	4,00	2,30	0,62	3,49	7,60	620
6	22/06/05	1,50	2,30	3,40	0,20	4,60	2,80	0,73	2,51	7,60	730
6	Média (c)*	1,41	1,77	2,74	0,17	3,80	2,36	0,61	2,21	7,36	610

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 7).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
7	18/10/04	1,50	1,70	2,10	0,10	3,40	2,10	0,53	1,66	7,60	530
7	23/11/04	1,30	1,60	2,00	0,20	3,20	2,00	0,51	1,64	7,50	510
7	22/07/05	1,30	2,00	3,40	0,20	4,60	2,20	0,67	2,64	7,60	670
7	17/08/05	1,10	1,70	3,00	0,20	4,00	2,20	0,61	2,58	7,20	610
7	19/09/05	1,70	2,40	1,40	0,10	3,40	2,40	0,57	0,97	6,60	570
7	Média (s)'	1,38	1,88	2,38	0,16	3,72	2,18	0,578	1,90	7,30	578
7	06/01/05	1,40	1,70	1,90	0,10	3,20	1,90	0,52	1,58	6,60	520
7	21/01/05	1,00	2,10	2,00	0,10	3,20	2,10	0,53	1,57	7,60	530
7	18/02/05	1,50	1,60	1,90	0,10	3,40	1,90	0,52	1,54	7,50	520
7	21/03/05	1,00	2,20	2,20	0,20	3,60	2,00	0,57	1,76	7,70	570
7	10/05/05	2,00	1,50	4,70	0,20	5,00	3,20	0,81	3,55	7,50	810
7	25/05/05	1,00	1,30	3,20	0,30	3,80	1,80	0,56	3,00	7,50	560
7	22/06/05	1,50	2,00	3,70	0,20	5,00	2,40	0,73	2,76	7,50	730
7	Média (c)*	1,34	1,77	2,80	0,17	3,89	2,19	0,61	2,25	7,41	606

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 8).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
8	18/10/04	1,80	2,30	2,70	0,10	4,40	2,30	0,68	1,90	7,70	680
8	23/11/04	1,30	2,30	2,40	0,10	4,20	1,80	0,60	1,75	7,60	600
8	22/07/05	1,60	2,40	3,90	0,20	5,40	2,40	0,79	2,77	7,70	790
8	17/08/05	1,30	2,00	3,50	0,20	4,40	2,20	0,67	2,73	7,50	670
8	19/09/05	1,80	2,30	2,40	0,10	5,00	1,80	0,65	1,70	7,00	650
8	Média (s)'	1,56	2,26	2,98	0,14	4,68	2,10	0,68	2,17	7,50	678
8	06/01/05	1,40	1,80	2,40	0,20	4,00	1,90	0,58	1,87	6,90	580
8	21/01/05	1,20	2,10	2,30	0,10	3,60	2,20	0,57	1,79	7,90	570
8	18/02/05	1,50	1,60	1,90	0,10	3,40	1,90	0,59	1,70	7,00	590
8	21/03/05	1,30	1,90	2,30	0,10	3,40	2,20	0,57	1,84	7,60	570
8	10/05/05	1,70	3,00	5,90	0,20	8,00	3,10	1,09	3,90	7,30	1090
8	25/05/05	1,50	2,50	5,50	0,20	8,30	1,40	0,97	3,87	7,30	970
8	22/06/05	1,50	2,70	4,90	0,20	6,80	2,50	0,91	3,35	7,40	910
8	Média (c)*	1,44	2,23	3,60	0,16	5,36	2,17	0,75	2,62	7,34	754

' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

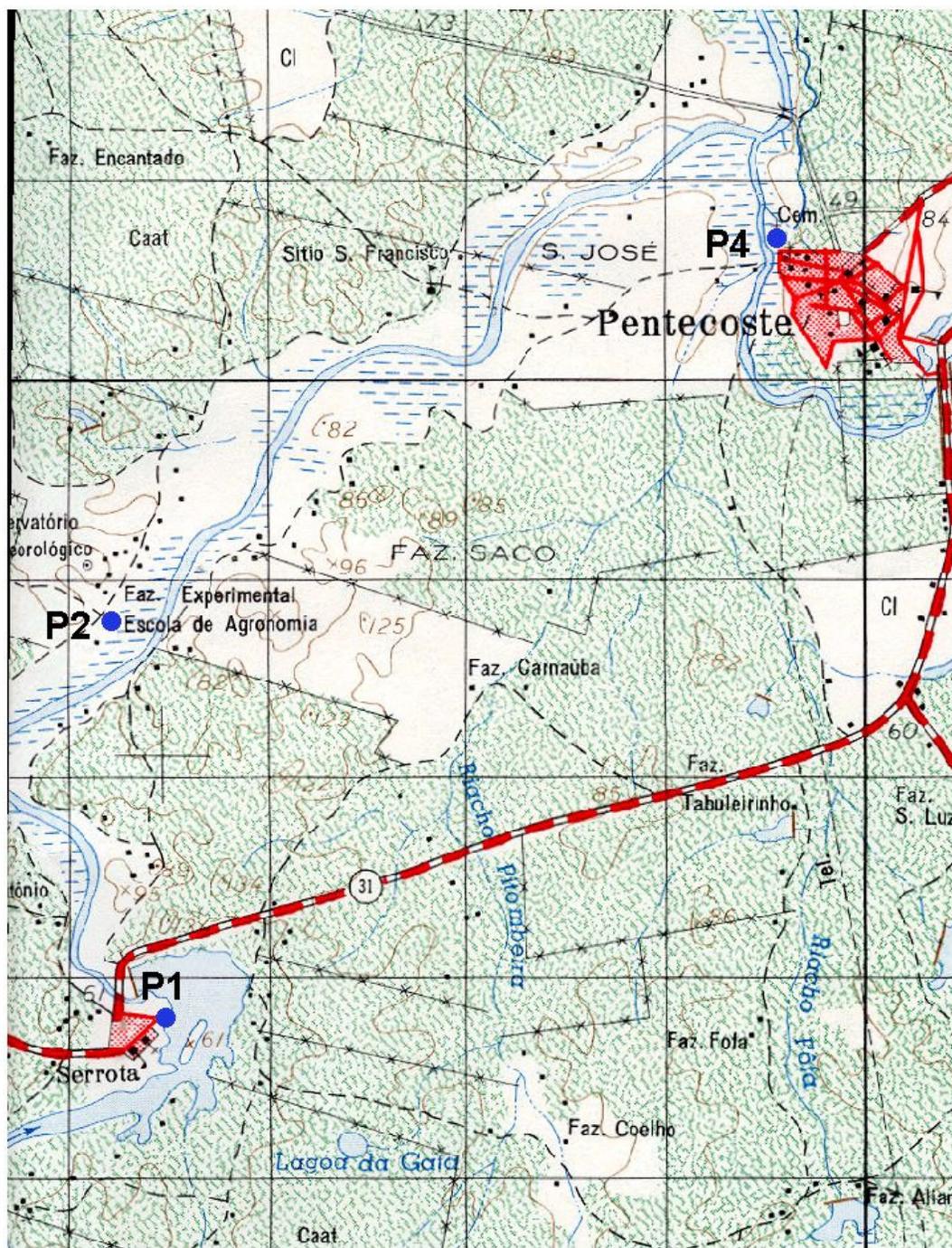
MÉDIAS DOS PARÂMETROS ANALISADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS PERÍODOS SECO E CHUVOSO (PONTO 9).

Ponto	Coleta	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	S.D.
9	18/10/04	1,70	2,50	2,70	0,20	4,80	2,20	0,69	1,86	7,50	690
9	23/11/04	1,80	2,50	2,80	0,10	5,60	1,90	0,75	1,93	7,50	750
9	22/07/05	1,30	2,00	4,60	0,20	5,60	2,40	0,79	3,60	7,30	790
9	17/08/05	1,20	1,80	4,20	0,20	5,20	2,20	0,73	3,41	7,40	730
9	19/09/05	1,70	2,40	3,70	0,20	6,00	2,20	0,81	2,57	7,10	810
9	Média (s)'	1,54	2,24	3,60	0,18	5,44	2,18	0,75	2,67	7,36	754
9	06/01/05	1,40	1,50	2,50	0,20	3,80	1,90	0,58	2,03	6,90	580
9	21/01/05	1,20	2,10	3,00	0,20	4,40	2,20	0,65	2,33	7,60	650
9	18/02/05	1,60	1,80	2,40	0,20	4,20	1,90	0,59	1,85	7,30	590
9	21/03/05	1,30	1,70	2,60	0,10	3,60	2,20	0,58	2,15	7,70	580
9	10/05/05	1,50	2,50	5,40	0,20	7,60	2,20	0,97	3,86	7,30	970
9	25/05/05	1,40	1,20	3,70	0,20	5,20	1,00	0,62	3,27	7,20	620
9	22/06/05	1,10	2,10	4,10	0,20	5,60	1,80	0,73	3,24	7,30	730
9	Média (c)*	1,36	1,84	3,39	0,19	4,91	1,89	0,67	2,68	7,33	674

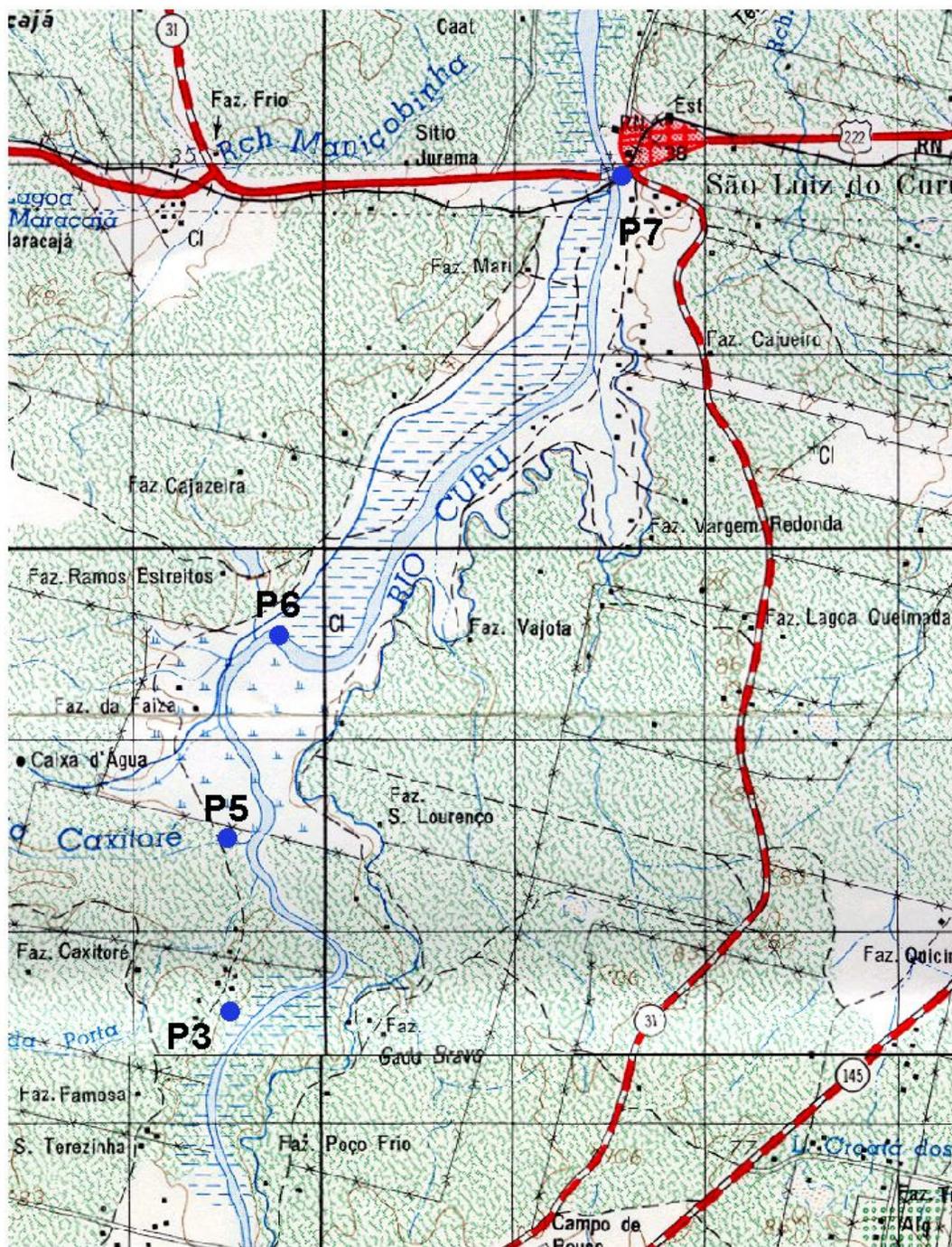
' Média do Período seco

* Média do Período chuvoso

Pontos de Coleta



Pontos de Coleta



● Pontos de Coleta Pontos.shp

Pontos de Coleta



● Pontos de Coleta Pontos.shp