

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CURSO DE DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS  
SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
SALITRE-BAHIA E CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES HÍDRICAS**

**LUIZA TEIXEIRA DE LIMA BRITO**

**Tese apresentada ao Curso de Doutorado em  
Recursos Naturais, da Universidade Federal  
de Campina Grande, em cumprimento às  
exigências para a obtenção do grau de Doutor**

**Área de Concentração: Recursos Hídricos**

**Orientador: Prof. Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**JULHO, 2003**

## FICHA CATALOGRÁFICA

631.4 Brito, Luiza Teixeira de Lima

B862a Avaliação de impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Salitre-Bahia e classificação das fontes hídricas/ Luiza Teixeira de Lima Brito. – Campina Grande, 2003. 184 p. il.

Orientador: Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Recursos Naturais.

1. Impactos ambientais. 2. Irrigação. 3. Água. 4. Análise Fatorial.  
5. Cluster. I. Título.

*A Nilton de Brito, sempre ao meu lado, com carinho e compreensão, transmitindo entusiasmo para realização de nossos sonhos;*

*Aos meus filhos, Ana Emília e Pedro Neto, na esperança de que eles também encontrem a sua forma de contribuir para a construção de um mundo justo e equilibrado.*

### **DEDICO**

*Aos meus pais, Sebastião Teixeira (in memoriam) e Joana Barbosa, que com sabedoria e determinação souberam encaminhar seus oito filhos ao mundo da fé e do conhecimento.  
Ao meu sogro, Pedro de Brito (in memoriam).*

### **OFEREÇO**

*Se longe alcancei,  
foi porque segui passos de gigantes.*

*(Isaac Newton)*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, minha luz e força, sempre me guiando na realização de meus sonhos;

Ao ex-chefe geral da Embrapa Semi-Árido, Dr. Manoel Abílio de Queiroz, por ter acreditado na contribuição que eu poderia prestar à nossa Unidade com a realização deste curso e ao Dr. Paulo Roberto Coelho Lopes, chefe atual, pela compreensão e apoio no decorrer deste curso. Também, à Embrapa Meio Ambiente pelo provimento dos recursos logísticos necessários;

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-PB), mais uma vez pelo seu acolhimento e apoio;

Ao professor, Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan, pela orientação e ensinamentos constantes e pela confiança em todas as fases deste caminho percorrido;

Ao pesquisador, Dr. Aderaldo de Souza Silva, da Embrapa Meio Ambiente, pela orientação e apoio irrestrito ao desenvolvimento deste trabalho e pelos grandes ensinamentos desde quando cheguei à Embrapa Semi-Árido como sua primeira bolsista;

Ao professor, Dr. Carlos de Oliveira Galvão, pelos ensinamentos, apoio constantes e pela sua amizade, juntamente com a professora, Dra. Márcia Ribeiro Rios;

Ao professor, Dr. Hans Raj Gheyi, pelo seu exemplo como professor e conselheiro;

Ao professor, Dr. Pedro Vieira de Azevedo, coordenador do Curso de Doutorado em Recursos Naturais, pela compreensão e apoio na realização deste curso;

Ao professor, Dr. Celso Augusto Guimarães Santos, pela valiosa colaboração na fase final do curso;

Ao pesquisador, Dr. Luis Carlos Hermes, da Embrapa Meio Ambiente, pelos ensinamentos e apoio na realização dos trabalhos de campo;

Ao pesquisador, Dr. José Monteiro, da Embrapa Semi-Árido, parceiro nesta batalha;

Ao professor, Dr. José do Patrocínio Tomaz Albuquerque, pela atenção e interesse demonstrados nas discussões deste trabalho;

Ao pesquisador, Dr. Carlos Alberto Vasconcelos, da Embrapa Semi-Árido, pelo seu apoio e ensinamentos na realização das análises estatísticas;

Ao pesquisador, Dr. Gilberto Cordeiro, da Embrapa Semi-Árido, no cumprimento de sua missão como conselheiro;

Ao pesquisador, Dr. Evandro V. Holanda Júnior, da Embrapa Semi-Árido, pelos ensinamentos e apoio na compreensão das análises estatísticas;

Ao pesquisador e amigo, Dr. Eduardo Assis Menezes, da Embrapa Semi-Árido, pela sua atenção e disponibilidade em nos auxiliar sempre na revisão de trabalhos;

A Dra. Vera Antunes e família pelo apoio e consolidação de uma antiga e grande amizade;

À Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (RAA-5), na pessoa do Dr. Paulo Henrique Braga Ribeiro, pela valiosa colaboração;

Ao amigo, Francisco Nunes; sem o seu apoio os trabalhos de campo teriam sido bem mais difíceis;

A Maria Inês, da Embrapa Meio Ambiente, um elo forte nesta corrente;

À Biblioteca da Embrapa Semi-Árido, em especial, a Maristela Coelho e aos demais colegas Clétis Bezerra, Paulo Pereira e Crisóstomo de Albuquerque Júnior, que sempre encontraram uma forma de colaborar com todos;

Ao pesquisador, Dr. Tarcizio Nascimento, da Embrapa Semi-Árido, pelas constantes discussões;

Ao homem nordestino, em especial aos moradores da bacia hidrográfica do rio Salitre, que com sabedoria, coragem e perseverança, aprenderam a conviver com as adversidades ambientais;

Ao casal Joel da Nóbrega e Diana Barbosa, grandes amigos;

Aos meus familiares, pelo amor e carinho constantes. Em especial, a Nilton e meus filhos Ana Emília e Pedro, pela compreensão e estímulos constantes, e por terem com sabedoria e paciência suportado minha ausência;

A Dinha e a Tereza, sempre presentes e dedicadas aos meus filhos;

Aos demais amigos e a todos que participaram, que colaboraram, que acreditaram neste trabalho.

MUITO OBRIGADA.

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
RELAÇÃO DAS TABELAS.....	
RELAÇÃO DAS FIGURAS.....	
RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. Necessidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.....	19
2.2. Fontes de Poluição e Indicadores de Qualidade das Águas.....	26
2.3. Análise Multivariada Aplicada a Recursos Hídricos.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1. Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica do Salitre.....	41
3.1.1. Localização.....	41
3.1.2. Aspectos Socio-econômicos.....	41
3.1.3. Aspectos Climáticos.....	45
3.1.4. Solos.....	47
3.1.5. Geologia.....	49
3.1.6. Vegetação.....	51
3.1.7. Declividade.....	51
3.1.8. Saneamento.....	51
3.2. Caracterização das Águas Superficiais e Subterrâneas.....	51
3.2.1. Índices de Qualidade das Águas.....	53
3.2.2. Classificação Geoquímica das Águas Superficiais e Subterrâneas.....	56
3.2.3. Parâmetros Físico-químicos de Solos e de Sedimentos.....	57
3.3. Análises Estatísticas.....	57

3.3.1.	Classificação das Fontes Hídricas Utilizando Análise Multivariada.....	57
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
4.1.	Impactos das Atividades Agrícolas na Qualidade das Águas.....	61
4.1.1.	Sub-bacia Hidrográfica I.....	68
4.1.2.	Sub-bacia Hidrográfica II.....	75
4.1.3.	Sub-bacia Hidrográfica III.....	81
4.1.4.	Sub-bacia Hidrográfica IV.....	89
4.1.5.	Sub-bacia Hidrográfica V.....	90
4.2.	Indicadores Globais de Qualidade das Águas.....	94
4.3	Classificação Geoquímica das Águas Superficiais e Subterrâneas.....	110
4.4.	Análise de Regressão.....	111
4.5.	Classificação Fontes Hídricas Utilizando Análise Multivariada.....	115
4.5.1.	Fontes Hídricas Subterrâneas.....	115
4.5.2.	Fontes Hídricas Superficiais.....	124
4.5.2.1.	Barragens/Açudes.....	124
4.5.2.2.	Rios/Riachos.....	129
4.5.3.	Monitoramento da Qualidade das Águas do Baixo rio Salitre.....	133
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	142
6.	LITERATURA CITADA.....	144
7.	ANEXOS.....	159
7.1.	Variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre obtidas em 1984, de acordo com CEI (1986).....	160
7.2a.	Características das fontes hídricas superficiais da bacia do Salitre.....	161
7.2b.	Variáveis de qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre no período das chuvas (PC).....	163
7.2c.	Variáveis de qualidade das águas superficiais da bacia do Salitre no período sem chuvas (PV).....	166
7.3a.	Características gerais das fontes de águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre.....	169
7.3b.	Variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre no período das chuvas (PC).....	172

7.3c.	Variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre no período sem chuvas (PV).....	177
7.4.	Área dos municípios pertencentes à bacia do Salitre e densidade populacional referente ao rebanho bovino, caprino e ovino.....	182
7.5	Valores de referência dos parâmetros indicadores de qualidade de água estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1975) e pela Resolução n.º. 20/86 (CONAMA, 1986) para a classe 1.....	183

## RELAÇÃO DAS TABELAS

	<b>Pág.</b>
3.1 População urbana, rural e total, área municipal, densidade demográfica e taxa de crescimento dos municípios da bacia hidrográfica do Salitre.....	44
4.2 Parâmetros de solos, geologia e qualidade geoquímica das águas das fontes superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre, por sub-bacia hidrográfica.....	63
4.3 Resultados das análises físicas dos solos da bacia hidrográfica do Salitre.....	70
4.4 Resultados das análises químicas dos solos de áreas representativas da bacia hidrográfica do Salitre no período das chuvas.....	71
4.5 Teores de metais pesados nos solos da bacia do Salitre no período das chuvas.....	72
4.6 Teores de metais pesados nos sedimentos coletados na bacia do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.....	73
4.7 Índices de qualidade das águas superficiais e subterrâneas por sub-bacia hidrográficas, determinados em 1984 e nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.....	76
4.8 Classificação dos solos da bacia do Salitre, no período sem chuvas, quanto aos riscos de salinidade e sodicidade.....	86
4.9 Indicadores de qualidade das águas do baixo rio Salitre obtidos durante as campanhas (C) realizadas de abril de 2001 a abril de 2002.....	93
4.10 Valores máximos, médios, mínimos e percentuais de variação dos parâmetros de qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Salitre no período das chuvas (PC) e sem chuvas (PV).....	95
4.11 Valores máximos, médios, mínimos e percentuais de variação dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Salitre no período das chuvas (PC) e sem chuvas (PV).....	98
4.12 Classificação geoquímica das águas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.....	112

4.13	Classificação geoquímica das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.....	113
4.14	Equações de regressão linear das variáveis de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre.....	114
4.15	Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Salitre, analisadas nos períodos sem chuvas de 1984 (PV84), inverno (PC01) e sem chuvas de 2001 (PV01).....	116
4.16	Classificação das fontes hídricas subterrâneas nos diferentes períodos de coleta sem chuvas de 1984 (PV84), chuva (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, utilizando análise de agrupamento.....	119
4.17	Valores médios das principais características das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos sem chuvas de 1984 (PV84), inverno (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, obtidos através da análise de agrupamento.....	121
4.18	Variações percentuais nos valores médios das principais características das águas subterrâneas ocorridas entre os períodos sem chuvas de 1984 (PV84) e de 2001 (PV01) e entre os períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.....	123
4.19	Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas das barragens da bacia hidrográfica do Salitre, nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.....	126
4.20	Classificação das barragens/açudes da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuva (PC) e sem chuvas (PV) de 2001, utilizando análise de agrupamento.....	127
4.21	Valores médios das principais características das águas barragens da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos chuva (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, obtidos através da análise de agrupamento.....	128
4.22	Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas dos rios/riachos da bacia hidrográfica do Salitre, nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.....	131

4.23	Classificação das fontes hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuva (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.....	132
4.24	Valores médios das principais características das águas de rios/riachos da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos chuva (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, obtidos através da análise de agrupamento.....	134
4.25	Variações percentuais nos valores médios das principais características das águas das barragens/açudes e dos rios/riachos da bacia hidrográfica do Salitre, ocorridas entre os períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.....	135
4.26	Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas superficiais da região do Baixo Salitre, coletadas durante o período de abril de 2001 a abril de 2002.....	136
4.27	Valores médios das principais características das águas superficiais da parte Baixa do Salitre no período de abril de 2001 a abril de 2002, obtidos através da análise de agrupamento.....	137

## RELAÇÃO DAS FIGURAS

	Pág.
2.1 Fatores e indicadores ambientais que interferem na qualidade das águas de bacias hidrográficas.....	27
2.2 Hierarquia dos problemas de qualidade das águas.....	28
3.3 Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Salitre, Bahia.....	42
3.4 Precipitação e evapotranspiração de referência médias anuais da bacia do Salitre (Fonte: SEI, 1999).....	46
3.5 Classificação dos solos da bacia hidrográfica do Salitre.....	48
3.6 Classificação geológica da bacia hidrográfica do Salitre.....	50
4.7 Fontes hídricas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre em função das sub-bacias hidrográficas.....	62
4.8 Áreas salinizadas: (a) área irrigada na região de Caatinga do Moura; (b) leito seco do rio Salitre; (c) área irrigada , cultivada com a cultura do mamão e (d) área em processo de recuperação dos solos salinos.....	87
4.9 Variações espaço-temporais dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) das águas superficiais (a) e subterrâneas (b) nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV).....	102
4.10 (a) Classificação das águas superficiais, quanto ao seu uso para irrigação, de acordo com Richards (1954).....	103
4.10 (b) Classificação das águas subterrâneas, quanto ao seu uso para irrigação, de acordo com Richards (1954).....	104
4.11(a) Distribuição espacial das classes de Dureza Total (DT) das fontes hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre, no período sem chuvas.....	105
4.11(b) Distribuição espacial das classes de Dureza Total (DT) das fontes hídricas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre, no período sem chuvas.....	106

4.12	Variações nas concentrações de oxigênio dissolvido (a) e amônio (b) nas fontes superficiais nos períodos de chuvas e sem chuvas.....	108
4.13	Concentrações de $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4$ e fósforo totais dos sedimentos e clorofila-a analisados nas fontes hídricas superficiais da bacia do Salitre no período das chuvas.....	110
4.14	Distribuição espacial das classes das fontes hídricas subterrâneas para a bacia hidrográfica do Salitre, obtidas pela análise de agrupamento.....	122
4.15	Classificação das águas da parte baixa do Salitre, utilizando análise de agrupamento, no período de abril de 2001 a abril de 2002.....	138
4.16	Variações da vazão e da CE (a) e Na e Cl (b) ocorridas durante o período do monitoramento da qualidade das águas da parte baixa do rio Salitre, em função das classes (C).....	140
4.17	Distribuição espacial das classes das fontes hídricas superficiais para a bacia hidrográfica do Salitre, obtidas pela análise de agrupamento.....	141

## RESUMO

Avaliar os impactos das atividades antrópicas sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre, priorizando as variáveis mais significativas e agrupando as fontes hídricas em classes, segundo suas características, foi o objetivo principal deste trabalho de tese.

A bacia hidrográfica do Salitre foi dividida em cinco sub-bacias, com base nas atividades desenvolvidas, para avaliar a influência da irrigação e de outras ações antrópicas sobre a qualidade das águas. As diversas variáveis que indicam alguns aspectos de qualidade das águas foram quantificadas em diferentes fontes hídricas superficiais e subterrâneas nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001, e foi realizado o monitoramento da qualidade da água na parte baixa do rio Salitre durante um ano. Também, foram analisados os solos das áreas irrigadas e os sedimentos acumulados em algumas fontes superficiais.

A partir dos dados obtidos nas sub-bacias, observou-se a influência da irrigação sobre a qualidade das águas nas fontes hídricas próximas destas áreas, ocorrendo aumentos significativos na condutividade elétrica das águas e do extrato de saturação dos solos e nos níveis de metais pesados nos sedimentos; por outro lado, estes aumentos não foram observados nas demais fontes hídricas da mesma sub-bacia. Aumentos nestas variáveis indicam baixa eficiência dos sistemas de produção agrícola implementados nestas áreas, associada à elevada salinidade natural das águas - observando-se que, em média, 35% e 82,5% das fontes hídricas superficiais e subterrâneas, respectivamente, foram classificadas como C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, de acordo com U. S. Salinity Laboratory Staff.

Das fontes hídricas analisadas, aproximadamente, 78% estão localizadas sob formações calcárias, cuja influência sobre a qualidade das águas subterrâneas pode ser notada pelos elevados valores de sólidos dissolvidos totais (SDT = 5.370,0; 5.060,0 mg L<sup>-1</sup>), relação de adsorção de sódio (RAS = 10,89; 6,71 mmol L<sup>-1/2</sup>), dureza total (DT = 2.717,87; 2.940,0 mg L<sup>-1</sup>), cloretos (Cl = 74,90; 68,4 mmol L<sup>-1</sup>), bicarbonatos (HCO<sub>3</sub> =

9,95; 8,00 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>), entre outros, limitando sua utilização. Em média, mais de 80,0% e 63,43% das fontes superficiais e subterrâneas, foram classificadas como águas bicarbonatadas, respectivamente.

A análise fatorial permitiu agrupar as variáveis em três fatores principais em nível global da bacia hidrográfica do rio Salitre. Nas fontes subterrâneas os fatores principais nos períodos de 1984, chuvas e sem chuvas de 2001, explicaram 86,99%; 72,08% e 68,33% da variância total acumulada. No caso das barragens, os fatores principais explicaram 83,50% e 74,98% desta variância; para os rios/riachos, explicaram 86,92% e 71,25%, nos períodos de chuvas e sem chuvas de 2001. As variáveis priorizadas no Fator 1, independente das fontes hídricas e dos períodos, estão diretamente relacionadas com a salinidade das águas. Em todas as fontes e períodos analisados, a variável bicarbonato foi priorizada no Fator 2, exceto nos rios/riachos no período sem chuvas. O Fator 3 contemplou as demais variáveis analisadas. Estes resultados apontam para a necessidade de medidas de preservação e de conservação dos recursos hídricos e dos solos desta bacia hidrográfica.

As fontes hídricas foram classificadas em três classes, de forma que C1 agrupou as fontes de melhor qualidade das águas. Para as fontes subterrâneas, C1 agrupou 25,0%; 74,3% e 61,7% das fontes hídricas, cujos valores médios dos SDT variaram de 199,00 mg L<sup>-1</sup>, em 1984, para 724,86 e 650,34 mg L<sup>-1</sup>, em 2001. A maioria das fontes enquadradas como C1, em 1984, permaneceu em 2001, decorridos 16 anos. Para as fontes superficiais, 61,5% e 76,9% das barragens e 38,5% e 15,4% dos rios/riachos foram classificados como C1, apresentando baixos valores médios para sólidos dissolvidos totais (SDT = 138,25; 209,40 e 105,2; 129,55 mg L<sup>-1</sup>). Variações nas classes entre as fontes superficiais nos períodos não foram significativas.

**Palavras-Chave:** impactos ambientais; irrigação; água; análise fatorial; cluster.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to evaluate the impacts of the antropic activities on the water quality of the hydrographic basin of the river Salitre, identifying the most significant variables that affect the quality and grouping the sources of water in classes, according to their quality.

The hydrographic basin of the Salitre was divided into five sub-basins, based on the predominant human activities, to evaluate the influence of irrigation and of other human activities on the water quality. The several variables that indicate some aspect of water quality were quantified for various surface and ground water sources in the periods of rainfall (PC) and summer (PV) for the year of 2001, and the monitoring of the water quality along the final stretch of the Salitre river was carried out. Further, the soils in the irrigated areas and the accumulated sediments in the storage reservoirs were also analyzed.

From the data obtained in the sub-basins, it was observed that the influence of the irrigation on the quality of the water was noticeable only in sources close to those areas, in which significant increases in the electrical conductivity of the soils and amounts of heavy metals in the sediments were registered. On the other hand, these increases were not observed in sources located far from irrigated areas. Increases in these variables indicate a low efficiency of the agricultural production systems, associated with the high salinity of water, considering that more than 35% and 82.5%, respectively, of surface and ground water sources were classified as C3 and C4, according to US Salinity Laboratory standards.

For the water sources analyzed, approximately 78% are located under calcareous formations, whose influence on the water quality can be noticed by the high values in both surface water and groundwater sources, respectively, of: total dissolved solids ( $TDS = 5,370 \text{ \& } 5,060 \text{ mg L}^{-1}$ ), sodium adsorption ratio ( $SAR = 10.9 \text{ \& } 6.7 \text{ mmol L}^{-1/2}$ ), total hardness ( $TH = 2,718 \text{ \& } 2,940 \text{ mg L}^{-1}$ ), chloride ( $Cl = 74.9 \text{ \& } 68.4 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ), and bicarbonates ( $HCO_3 = 9.9 \text{ \& } 8.0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ), among others, thus limiting their use. On

the average, more than 80.0% and 63.43%, respectively, of the surface and underground water sources are bicarbonated.

The factorial analysis allowed the grouping of the variables in three main factors at the global level of the basin of the Salitre river. For the ground water sources, the main factors during the periods of 1984, the rainy and summer periods of 2001, explained 86.9%, 72.1% and 68.3%, respectively, of the total accumulated variance. In the case of the stored water in reservoirs for the period of 2001, the main factors explained 83.50% and 74.98% of the total variance; for the rivers, it was 86.92% and 71.25% of total variance during the periods of rainfall and summer of 2001. The variables within Factor 1, independent of the source and the period, are related directly to salinity. For all sources and periods analyzed, the bicarbonate part was the Factor 2, except for the river waters in the summer period. The Factor 3 contemplated the remaining variables. These results point out the need for specific actions of prevention and conservation of the water resources and of the soils of the hydrographic basin of the Salitre.

The water sources were grouped into three classes, so that C1 represents the sources of best water quality. For the underground water sources, C1 grouped 25.0%; 74.3% and 61.7% of the water sources, respectively, during 1984, rainy and summer period of 2001, with average values of TDS varying from 199.00 mg L<sup>-1</sup>, in 1984, to 724.86 and 650.34 mg L<sup>-1</sup>, in 2001. Most of the sources identified as C1, in 1984, maintained the same classification in 2001. For the surface sources, 61.5% and 76.9% of the reservoirs and 38.5% and 15.4% of the rivers were classified as C1, in 2001, presenting low average values for total dissolved solids (TDS = 138.3 & 209.4 mg L<sup>-1</sup> for reservoirs and 105.2 & 129.5 mg L<sup>-1</sup> for the rivers during rainy season and dry period, respectively). Changes on quality as indicated by variations of classes of water among the surface sources were not significant between the two periods.

**Key words:** environmental impacts; irrigation; water; factorial analysis; cluster

## **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento demográfico e o desenvolvimento sócio-econômico ocorridos na segunda metade do século XX impulsionaram aumentos consideráveis na demanda de água no setor agrícola, visando aumentos na produção de alimentos para atender às necessidades da população. Para aumentar a produção de alimentos, duas alternativas são consideradas de caráter imediato: aumentar a área explorada ou utilizar tecnologias que assegurem este objetivo, como a irrigação. Segundo Christofidis (2001), no período de 1975-97 a área irrigada mundial aumentou em 50,2%, passando de 189.245 mil ha para 267.727 mil ha; no Brasil, este incremento foi de 150%, passando de 1.100 mil ha para 2.756 mil hectares, aproximadamente. Aumento na área irrigada implica num maior consumo de água; atualmente, a agricultura irrigada apresenta um consumo médio de 70% da disponibilidade hídrica global e é responsável por cerca de 35% da produção agrícola (Brown *et al.*, 2000; Lima *et al.*, 1999); implica, também, em maior demanda por insumos como fertilizantes e defensivos, que, se não manejados adequadamente, aumentam os riscos de degradação ambiental, principalmente dos recursos hídricos.

Os números aumentaram e continuam aumentando significativamente; todavia, os recursos naturais não, e, à medida que crescem as necessidades, os ecossistemas se deterioram. A quantidade de água disponível no globo permanece constante há 500 milhões de anos (Rebouças, 1999); no entanto, aumentos no consumo, níveis de poluição crescentes, falta generalizada de políticas que orientem minimizar os

desperdícios em diferentes escalas, políticas de reuso de água, contribuem para aumentar os problemas de escassez de água vivenciados em várias partes do mundo, principalmente em países do Oriente Médio e da África. Os números também são crescentes nos recursos de solos - cerca de 5 a 7 milhões de hectares de áreas cultivadas são abandonados anualmente por meio da degradação; a área cultivada no período citado decresceu em 50%, passando de 0,24 para 0,12 hectares por pessoa, incoerente com a necessidade de aumentar a produção de alimentos. Em nível global, 1,2 bilhão de pessoas apresentam elevados índices de desnutrição, principalmente crianças; esta mesma quantidade não tem acesso à água potável, elevando-se, assim, os índices de doenças em consequência da má qualidade das águas, ocasionando a morte a cerca de 10 milhões de pessoas anualmente (Brown *et al.*, 2000; Rhoades *et al.*, 2000; Capelas Júnior, 2001).

O Brasil, embora incluído entre os países de maior disponibilidade hídrica mundial, por conta de suas dimensões geográficas e condições climáticas diferenciadas, algumas regiões sofrem problemas graves de escassez de água, como a região semi-árida do Nordeste e, mais recentemente, grandes metrópoles como São Paulo, Fortaleza, Recife, entre outras. Segundo Oliveira (2002), 97,9% dos municípios brasileiros têm serviços de abastecimento de água, porém apenas 75% do volume total necessário passam por processo convencional de tratamento, e apenas 20% têm simultaneamente os serviços de coleta e tratamento de águas residuárias. Nos demais, esses resíduos são lançados diretamente nas fontes hídricas, tornando essas águas, muitas vezes, impróprias para determinados usos.

Na zona rural, problemas de poluição dos recursos hídricos têm na atividade agrícola uma fonte em potencial, cujos principais impactos estão relacionados com desmatamento; revolvimento da camada arável do solo, favorecendo os processos erosivos, sedimentação e turbidez; uso inadequado da água, tendo como consequência, elevadas perdas de água; escoamento superficial de nutrientes, em especial fósforo, favorecendo a eutrofização das águas de superfície e a lixiviação de nutrientes para as águas subterrâneas, como nitrato e outros sais; contaminação por pesticidas; salinização dos solos, entre outros, (Ongley, 2001). Em regiões semi-áridas, com condições climáticas irregulares, à semelhança do Semi-Árido brasileiro, onde está inserida a bacia hidrográfica do Salitre, estes problemas são mais agravantes.

Em nível global e em especial na bacia hidrográfica do Salitre, problemas de escassez e de conflitos pelo uso das águas tornaram-se cada vez mais comuns nas últimas

décadas. Nesta bacia, muitas vezes, ocorrem perdas total ou parcial da produção agrícola pela falta de água para irrigação em áreas localizadas mais à jusante. As soluções destes problemas passam, necessariamente, pela gestão integrada e compartilhada de uso, controle e conservação dos recursos hídricos, que deve ser realizada de forma multidisciplinar e holística, voltada, em primeiro plano, para a conscientização da população na lógica do desenvolvimento sustentado, como contemplado na Política Nacional de Recursos Hídricos e, recentemente, fortalecida com a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, contribuindo para a resolução dos conflitos gerados pelo binômio disponibilidade versus demanda e corroborados com os avanços da degradação dos recursos hídricos.

Ongley (2001) define desenvolvimento sustentável como “o manejo e a conservação dos recursos naturais com base na orientação das mudanças tecnológicas e institucionais, de modo a assegurar a obtenção e a satisfação contínua das necessidades humanas, seja no presente como nas futuras gerações. Desta forma, tem como princípio conservar terra, água, recursos genéticos, ser ambientalmente não degradante, tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável”.

No contexto do desenvolvimento sustentável, a Embrapa Meio Ambiente, em parceria com a Embrapa Semi-Árido, ANA, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, Global Environmental Foundation - GEF, desenvolveu um Índice de Sustentabilidade das Águas - ISA para a bacia hidrográfica do Submédio São Francisco, composta por 35 sub-bacias, incluindo a do Salitre, envolvendo, de forma parcial ou total, 73 municípios. Nestes estudos foram considerados indicadores biofísicoquímicos que caracterizam a qualidade das águas, suas interações com as fontes potenciais de poluição e os agentes naturais (clima, solos, microorganismos, etc), como também os indicadores sociais e econômicos, analisados conjuntamente utilizando-se análise multivariada. Como principais resultados foram identificadas quatro grandes áreas, classificadas como de baixo, regular, alto e elevado riscos de degradação ambiental, estando a bacia do Salitre na categoria de altos riscos, sendo, portanto, recomendada, para esta categoria, a implementação, em médio prazo, de medidas mitigadoras de impactos que possam colocar em risco a qualidade da água, tais como: estações de tratamento de efluentes domésticos, macrodrenagem na zona urbana e drenagem nas áreas agrícolas, unidades de coleta e reciclagem de lixo urbano, reposição da mata ciliar, medidas de

contenção da erosão laminar e programas de educação ambiental em toda a bacia do Salitre (Fundação Dalmo Catali Giacometti, 2000; Silva, 2003).

A bacia hidrográfica do rio Salitre é de grande importância socioeconômica para a região, principalmente no contexto do desenvolvimento agrícola, com algumas regiões como grandes produtoras de hortifrutigranjeiros, para atender aos mercados interno e externo.

Assim, caracterizar os recursos hídricos da bacia hidrográfica do Salitre fez parte dos objetivos de um projeto da Embrapa Meio Ambiente, em parceria com a Embrapa Semi-Árido e outras instituições, com o objetivo principal de desenvolver uma metodologia de monitoramento da qualidade das águas das bacias hidrográficas que compõem o Submédio São Francisco, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos. Também, fizeram parte desse estudo, identificar as principais fontes hídricas da bacia hidrográfica do rio Salitre, caracterizando os impactos ambientais das atividades agrícolas nas águas; avaliar e classificar as fontes de águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre, quanto aos aspectos físicoquímicos, nos períodos de chuvas e sem chuvas, utilizando técnicas de análise multivariada como análise fatorial e de agrupamento, e comparar estes resultados com os disponíveis em CEI (1986), para as mesmas fontes hídricas, decorridos 16 anos, visando auxiliar na definição de medidas de monitoramento e gestão da qualidade das águas; avaliar e classificar as fontes de águas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre, quanto aos aspectos físicoquímicos, nos períodos de chuvas e sem chuvas, visando auxiliar na definição de medidas de monitoramento e gestão da qualidade das águas; e caracterizar os sedimentos das fontes hídricas superficiais, nos períodos de chuvas e sem chuvas, quanto aos riscos de contaminação das águas por metais pesados, e analisar seus efeitos na qualidade das águas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Necessidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos**

A população mundial estimada para o ano 2030 é de, aproximadamente, 8 bilhões de habitantes, com uma taxa de crescimento anual em torno de 1,33%; isto significa um aumento de mais de 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos (Forno, 1999). Este crescimento populacional requer aumentos na produção agrícola, estimados em 40-50%, com conseqüentes aumentos no consumo de água, principalmente para uso na irrigação, uma vez que a agricultura irrigada responde com 1/3 da demanda de alimentos e fibras da população (FAO, 1988, citada por Rhoades *et al.*, 1999; Ongley, 1996; 2001). Segundo a Organização Meteorológica Mundial, o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais do que o dobro das taxas de crescimento da população, e continua a crescer com a elevação do consumo dos setores agrícola, industrial e doméstico. Estes estudos demonstram também que nos próximos anos a situação global das reservas hídricas tende a piorar, tanto nos aspectos quantitativos quanto qualitativos caso não haja ações enérgicas visando a melhoria da gestão da oferta e da demanda da água para diferentes usos (Freitas e Santos, 1999).

De acordo com Brown *et al.*, (2000), esta situação se tornará mais crítica em 34 países da África e do Oriente Médio, classificados atualmente como hidricamente

estressados, onde se localizam grandes bolsões de pobreza, contendo uma população de 1,2 bilhão de pessoas famintas e sem acesso à água potável. Afirmam, também, que o mundo ao se defrontar com a escassez de água também se defrontará com a escassez de alimentos, uma vez que são necessárias 1000 toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos; portanto, a competição pela água, tão debatida nos fóruns nacionais e internacionais, provavelmente ocorrerá nos mercados mundiais de alimentos.

Para amenizar estes problemas, este autor recomenda diferentes medidas técnicas, gerenciais, institucionais e agronômicas, que devem ser consideradas de acordo com cada situação específica, como: (a) técnicas - sistemas de irrigação que proporcionem maior eficiência de distribuição de água, visando minimizar as perdas por evaporação, infiltração e escoamento superficial e, conseqüentemente, reduzir a salinização dos solos e a contaminação das fontes hídricas superficiais e subterrâneas; (b) gerenciais: aplicação de água no momento correto; métodos adequados de preparo do solo; melhor manutenção dos sistemas de distribuição de água e reciclagem de águas residuárias; (c) institucionais: organização dos usuários, cobrança pelo uso da água e fomento à infra-estrutura rural para disseminação de tecnologias de treinamento e extensão, e (d) agronômicas: seleção de variedades agrícolas com altos rendimentos por litro de água transpirada; intercultivo para maximizar o uso da umidade do solo; melhor ajuste das lavouras às condições climáticas e qualidade da água disponível; culturas resistentes à seca onde houver limitação de água e cultivo de variedades eficientes em termos hídricos.

Gliessman (2000) ressalta que quando novas medidas tecnológicas são utilizadas prioritariamente com base em sua capacidade de aumentar rendimentos e reduzir custos e, apenas secundariamente para reduzir impactos ambientais, elas têm baixa probabilidade de contribuir com a sustentabilidade em longo prazo e cita que as políticas contempladas pelos projetos de irrigação, em geral, são implementadas com base na rentabilidade econômica de curto prazo e os impactos ambientais destas práticas e políticas correntes só irão manifestar-se após algumas décadas. A sustentabilidade, ao contrário, requer que o planejamento e a tomada de decisões aconteçam num horizonte de tempo muito mais longo do que o considerado pela maioria dos impactos econômicos. Afirmam, ainda, que é impossível saber, com certeza, se uma determinada prática ou conjunto de práticas, de fato, garante a sustentabilidade. Contudo, é possível demonstrar se esta prática está se afastando da sustentabilidade.

Segundo Ongley (2001), um dos grandes desafios que a humanidade enfrenta atualmente é desenvolver uma agricultura sustentável, implicando não apenas em assegurar a produção de alimentos, mas, também, em que os impactos ambientais, sociais e econômicos, sobretudo na saúde humana, sejam reconhecidos e suas soluções contempladas nas políticas governamentais.

Tais considerações reforçam e corroboram com Coimbra (2000), quando afirma que o padrão de qualidade de vida de uma população está diretamente relacionado à disponibilidade e à qualidade de sua água, sendo esta o recurso natural mais crítico e mais suscetível de impor limites ao desenvolvimento em muitas partes do mundo.

Rebouças (1999) afirma que a disponibilidade de água no planeta tem permanecido constante nos últimos 500 milhões de anos, não existindo, portanto, problemas de escassez em nível global. Todavia, deve-se ressaltar que este potencial nem sempre está disponível para ser utilizado para consumo humano e desenvolvimento das atividades sócio-econômicas, e que os percentuais disponíveis são mal distribuídos. A disponibilidade referida não deve considerar aspectos relacionados ao aumento da demanda mundial da água e sua redução pela poluição, principalmente nas últimas décadas. Segundo Vieira (1999), entende-se por “disponibilidade de água” a quantidade efetivamente disponível, de forma duradoura e permanente.

Estima-se que o Brasil detém 13,8% da disponibilidade hídrica mundial, tornando-o, em termos quantitativos, um dos países mais ricos do mundo em águas doces, representando uma média per capita de, aproximadamente, 32.000 m<sup>3</sup>. Entretanto, a distribuição regional deste recurso é bastante heterogênea, devido à sua dimensão territorial e à ampla diversidade climática. A bacia hidrográfica amazônica, por exemplo, contempla 48,5% desta disponibilidade, porém, pouco ocupada e desenvolvida industrialmente, quando comparada às demais regiões; a bacia do Atlântico Leste, considerada a mais crítica, apresenta um quadro de baixa disponibilidade hídrica associado a uma concentração populacional mais elevada. Estas bacias apresentam uma disponibilidade hídrica média per capita de grande amplitude, variando de 628.938 a 1.835 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Apesar de este valor parecer baixo, é considerado razoável de acordo com estimativas das Nações Unidas, que recomendam um mínimo de 1.000 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Freitas e Santos, 1999). Diante deste cenário, o maior desafio a ser enfrentado pela humanidade neste século, talvez não seja a escassez de água, mas um adequado gerenciamento dos recursos hídricos em níveis global e regional, de forma consciente e

participativa, envolvendo todos os atores do processo, tendo início com a educação ambiental.

Apesar de a situação parecer otimista, para preservar e garantir o acesso a essas reservas hídricas às gerações atual e futura, a sociedade deverá promover uma gestão integrada e compartilhada com os diferentes usuários, buscando uma equalização inter-regional e intertemporal da água. Para isto, o conhecimento das demandas, da capacidade de renovação e oferta de suas fontes naturais, inserindo os aspectos quantitativos e qualitativos, são fundamentais para definição dos marcos regulatórios principais e da capacidade de suporte de cada bacia hidrográfica e, conseqüentemente, a consecução dos objetivos da Política Nacional dos Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Freitas e Santos, 1999; MMA/SRH, 1997).

Segundo Machado (2002), a noção de gestão integrada dos recursos hídricos assume várias dimensões e envolve diferentes e complexas conotações: primeiro, no sentido de se considerar os diversos processos de transporte de massa de água do ciclo hidrológico; segundo, é um recurso de usos múltiplos; terceiro, está em constante inter-relacionamento com outros elementos do mesmo ecossistema (solo, flora, fauna); quarto, envolve co-participação de gestores, usuários e população no planejamento e na gestão desses recursos, e, finalmente, deve atender aos anseios da sociedade de desenvolvimento socioeconômico com preservação ambiental, na perspectiva de um desenvolvimento sustentável. Afirma este autor que a prática de uma gestão integrada deve ser orientada pela lógica da negociação sociotécnica, face à complexidade, à heterogeneidade e à diversidade de elementos que compõem um dado espaço geográfico, sendo, portanto, esta negociação um processo dispendioso do ponto de vista político, financeiro e emocional; incerto e arriscado. Por outro lado, tem a vantagem de ajustar bem as partes entre si e produzir novas situações e oportunidades.

No contexto da complexidade do planejamento e gestão integrada e sistêmica dos recursos hídricos, Cedraz (2002) ressalta a necessidade de discussões e reflexões profundas envolvendo todos os atores partícipes, devendo-se sempre as ações culminar com os princípios do desenvolvimento sustentado tão discutido pela sociedade nas últimas décadas, tendo na água o recurso básico da gestão ambiental e suas relações com o desenvolvimento.

A necessidade de atender ao aumento da demanda atual e futura de alimentos impulsiona a expansão das áreas com agricultura irrigada, pressionando cada vez

mais os recursos hídricos do que os demais recursos naturais, embora os solos já sinalizem para uma intensa degradação, com grandes áreas salinizadas ou em processos de salinização, erodidas e alagadas (Roades *et al.*, 1999). Desta forma, insumos como fertilizantes, pesticidas, água para irrigação, desmatamentos e técnicas de revolvimento dos solos serão cada vez mais necessários. O uso destes insumos, sem dúvida, contribui para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas em alguns aspectos; no entanto, quando não manejados adequadamente, podem gerar sérios impactos aos ecossistemas, com início do processo nos solos, nas plantas, na água e, finalmente, no homem. Segundo Darst e Dibb (1995), citados por Siqueira *et al.* (1999), produzir sem agroquímicos é a forma mais natural que se conhece, assim, ideal e segura do ponto de vista da saúde do homem e ambiental, mas, sem combater as pragas e as doenças das plantas e sem corrigir as deficiências nutricionais dos solos, estima-se quedas na produção agrícola entre 20% e 40% e, com os recursos disponíveis atualmente, a prática da agricultura orgânica não conseguiria alimentar a metade da população mundial.

Se, por um lado, o uso destes insumos é necessário, por outro, muitas vezes são utilizados de forma inadequada; assim, políticas de planejamento e gerenciamento dos sistemas agrícolas, visando melhorar a eficiência do uso da água, manejo do solo, fertilizantes e defensivos agrícolas são, portanto, medidas prioritárias para se almejar o desenvolvimento sustentado da agricultura, a médio e longo prazos, principalmente em países em desenvolvimento, grandes consumidores destes insumos. Desenvolver uma agricultura em bases sustentadas é apenas um dos segmentos para se ter uma sociedade sustentada, definida como aquela que satisfaz suas necessidades sem diminuir as perspectivas das gerações futuras (Brown *et al.*, 2000).

Neste contexto, Gliessman (2000) descreve um agroecossistema sustentável como aquele que mantém a base de recursos da qual depende; utiliza um mínimo de insumos artificiais; maneja pragas e doenças através de mecanismos reguladores internos e é capaz de se recuperar de perturbações causadas pelo manejo e colheita. Para este autor, esta conceituação deve ir além da sustentabilidade do agroecossistema, alcançando a sustentabilidade dos sistemas alimentares de forma global, compreendendo aspectos da produção, distribuição e consumo de alimentos, ou seja, a cadeia produtiva. A identificação de um agroecossistema sustentável consiste de um conjunto de parâmetros ecológicos e sócio-econômicos, interagindo no tempo, de forma a avaliar o movimento de aproximação ou de afastamento em relação à sustentabilidade, uma vez que seus impactos estão sempre

voltados para o futuro. Esses parâmetros incluem aspectos relacionados à diversidade de espécies, solos, fatores hidrogeológicos, bióticos e sócio-econômicos, variando para cada agroecossistema em função dos tipos de unidades produtivas, recursos utilizados, condições climáticas e variáveis específicas locais.

Na região semi-árida do Nordeste brasileiro, caracterizada por um regime de precipitação irregular, a escassez de água sempre foi um problema não solucionado, apesar dos esforços despendidos pelos governos por várias décadas. Nesta região, os fatores climáticos e geológicos têm papel preponderante na renovação das reservas hídricas e, conseqüentemente, nas mudanças da qualidade de suas águas. Porto *et al.* (1983) afirmam que apenas dois em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações. Associadas à escassez, as altas taxas evapotranspirométricas contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, contribuindo para a degradação da qualidade das águas, por meio da eutrofização, salinização e concentração de compostos não permissíveis para alguns usos considerados nobres que exigem rigoroso controle da qualidade da água. No que se refere às fontes subterrâneas nesta região, dado ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural e de baixa produtividade, onde os poços são rasos e apresentam vazões inferiores a  $3,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , elevados teores de sólidos dissolvidos totais, em média,  $3,0 \text{ g L}^{-1}$ , com predominância de cloretos (Leal, 1999). Este quadro de incertezas quanto à disponibilidade e à qualidade das águas gera insegurança na tomada de decisão de políticas de desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico para a região, necessitando, portanto, de medidas de planejamento e gestão dos recursos hídricos disponíveis visando atender à demanda da população de forma permanente.

Garrido (1999) ressalta três razões principais para o agravamento do problema da instabilidade hídrica no semi-árido brasileiro. A primeira está em seu tamanho, ocupando uma área de  $940.000 \text{ km}^2$ , superior à área de muitos países, associada à existência de uma expressiva população, de aproximadamente 35 milhões de habitantes. A segunda razão está relacionada com o quadro de pobreza da população, agravado pelo crescimento populacional, sem uma infra-estrutura adequada; e a terceira, é que somente a partir dos últimos anos, com base em dispositivos legais e institucionais, como a Política Nacional de Recursos Hídricos, a região passou a receber ações estruturantes, capazes de reverter os efeitos da instabilidade climática. No entanto, deve-se ressaltar que outras políticas públicas na área de educação, saúde, crédito, etc., devem também ser

implementadas de forma sistêmica e integradas com o ambiente. Assim, seus efeitos serão mais eficazes.

Em regiões onde a escassez de água sempre se fez presente, seja devido ao aumento da demanda, da degradação dos recursos hídricos ou em consequência da instabilidade climática, os conflitos pelo uso da água tendem a aumentar. Portanto, buscar soluções para um monitoramento e gerenciamento adequados desses recursos, deverá ser a prioridade dos órgãos gestores, a exemplo da outorga de direito de uso e cobrança pelo uso da água, com base no conceito usuário-pagador e poluidor-pagador (MMA/SRH, 1997; Kettelhut *et al.*, 1999). A cobrança pelo uso e/ou poluição dos recursos hídricos deverá induzir o uso racional, estimulando o usuário a adotar medidas para evitar desperdícios e reduzir impactos tanto na quantidade quanto na qualidade dos recursos hídricos, à semelhança da redução do consumo de energia elétrica imposta pelo governo federal, a partir de 04 de junho de 2001, que embora pouco perceptível pela população em geral, esta crise energética, em particular, deveu-se, principalmente, às baixas disponibilidades hídricas dos reservatórios de água destinados não apenas à geração de energia elétrica, como também a diversos usos.

Segundo Salati *et al.* (1999), para enfrentar os desafios da escassez de água, devem-se considerar as ferramentas disponíveis sobre a gestão do suprimento e da demanda, citando que a gestão do suprimento de água inclui políticas e ações diferenciadas visando identificar, desenvolver e explorar, de forma eficiente, novas fontes de água, enquanto a gestão da demanda inclui os mecanismos e incentivos que promovem a conservação da água e a eficiência do seu uso.

Braga *et al.* (1999) afirmam que para implementação do planejamento e da gestão dos recursos hídricos em bases sustentáveis, são fundamentais informações referentes à caracterização física dos sistemas hídricos, envolvendo o conhecimento do relevo, hidrografia, geologia, solos, cobertura vegetal, ações antrópicas, obras hidráulicas, etc., e informações hidroclimáticas, como séries históricas e em tempo real das variáveis climáticas, fluviometria, sedimentometria e, principalmente, qualidade da água. Outros aspectos que devem ser considerados são os fatores sócio-econômicos, com ênfase no uso e nos impactos aos recursos naturais, advindos de atitudes antropogênicas. Afirmam, ainda, que o monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica é muito mais amplo do que a verificação se os padrões legais de qualidade estão sendo obedecidos, devendo, portanto, atender à necessidade de se responder o que está sendo alterado, o porquê destas

modificações estarem ocorrendo e definir e implementar medidas preventivas de contaminação dos recursos hídricos.

O conhecimento destas características se faz necessário em virtude de a ação individual ou conjunta de fatores físicos, climáticos, antropogênicos, favorecer as alterações na composição química das águas de uma mesma fonte superficial ou de um aquífero, devido aos efeitos da concentração iônica, troca de bases, reduções dos sulfatos, etc., capazes de modificar parcial ou totalmente a qualidade das águas (Manoel Filho, 1972); porém, segundo Rebouças (1999), a concentração final dos solutos na água não deve ultrapassar um certo limite, pois as características de qualidade derivam de ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam armazenadas estas águas. Estudos sobre a natureza da qualidade das águas podem fornecer elementos sobre o movimento das águas superficiais e subterrâneas e a evolução de sua composição, definindo, conseqüentemente, seus usos potenciais.

## **2.2. Fontes de Poluição e Indicadores de Qualidade das Águas**

Os poluentes estão distribuídos no ambiente na forma de gases, substâncias dissolvidas e partículas, que interagindo com os agentes naturais e antrópicos como os fatores climáticos e microbiológicos, características dos solos, das águas e dos próprios poluentes, atividades industriais, minerais e domésticas, modificam os indicadores de qualidade das fontes hídricas, com conseqüentes efeitos ambientais negativos (Figura 2.1).

A poluição dos recursos hídricos pode resultar de fontes pontuais e não pontuais, comumente denominadas de fontes difusas de poluição (Meybeck e Helmer, 1997; Thomas e Meybeck, 1997). Segundo Manoel Filho (1997), as fontes pontuais dão origem a concentrações elevadas, localizadas em plumas que podem permanecer estratificadas em um aquífero por longo tempo; por outro lado, as fontes difusas tendem a criar uma estratificação regionalizada e os mananciais de superfície e poços produzem uma mistura contaminada e não contaminada em proporções crescentes com o tempo.

Os resíduos industriais, como também os esgotos domésticos das cidades, são caracterizados como fontes pontuais de poluição, podendo ser mais facilmente coletados, tratados ou controlados, embora, muitas vezes, esses resíduos, sem tratamento

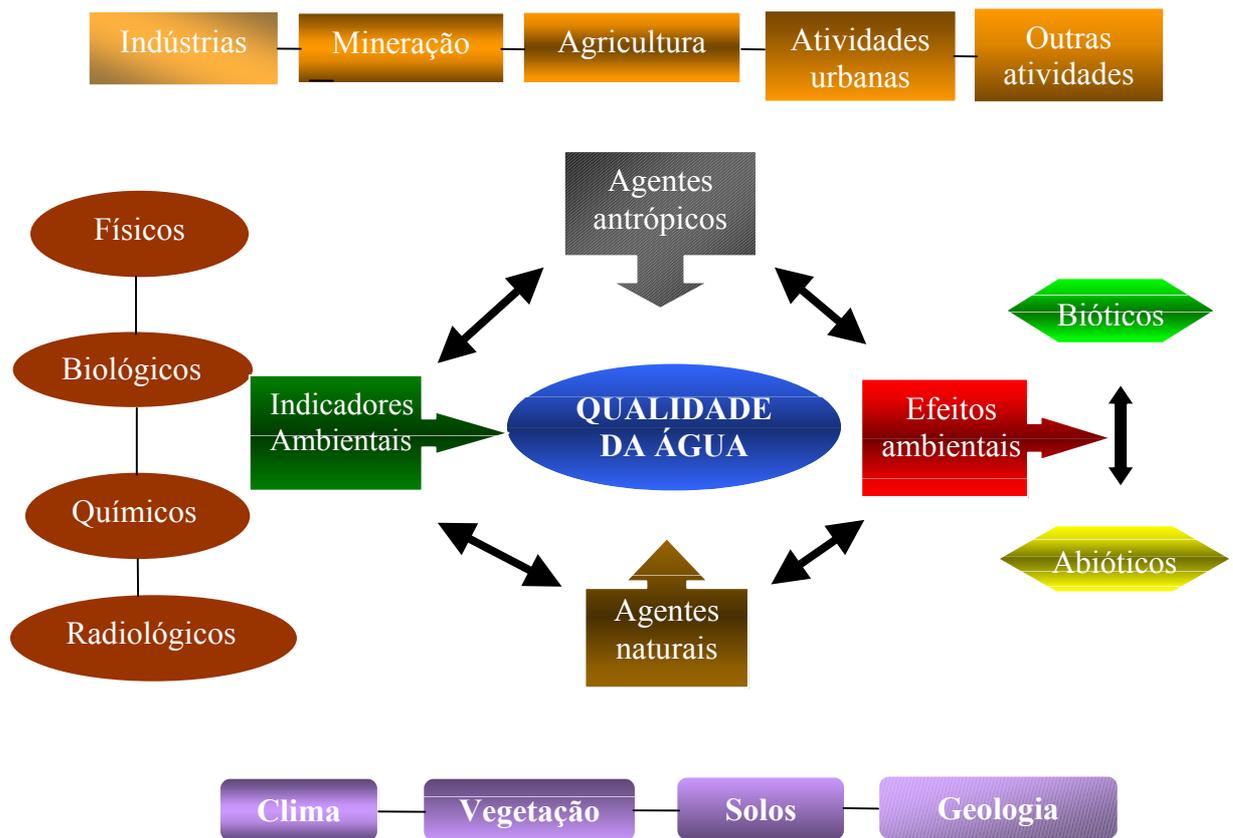


Figura 2.1. Fatores e indicadores ambientais que interferem na qualidade das águas de uma bacia hidrográfica. Adaptado de Cheng (1990).

prévio têm como destino final os cursos de água, causando sérios impactos à biota, aos recursos hídricos, ao homem e demais componentes do sistema. As fontes pontuais de poluição são regulamentadas por leis ambientais que impõem limites sobre os tipos e as concentrações de compostos químicos que as fontes hídricas podem receber.

No Brasil, conforme Hespanhol (1999), apenas 55% no setor urbano e 3% no rural dispõem de serviços de saneamento. Este autor não faz referências aos percentuais de esgotos tratados, citando que a capacidade de tratamento de esgotos da região metropolitana de São Paulo é de 45%. Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico revelam que 97,9%, do total de 5.507 municípios brasileiros, têm serviço de abastecimento de água e 52,2% dispõem de serviços de esgoto sanitário; porém, somente 20,2%, correspondendo a 1.112 municípios, contemplam simultaneamente os três serviços

essenciais: abastecimento, coleta e tratamento do esgoto (Oliveira, 2002) e, conseqüentemente, em 80% dos municípios esses resíduos são lançados sem nenhum tratamento diretamente no ambiente, muitos dos quais nos rios, que, em geral, não têm capacidade de depuração desses resíduos devido às suas baixas vazões, tornando, assim, as águas inadequadas para alguns usos.

A poluição não pontual ou difusa tem na atividade agrícola uma das principais responsáveis, que, pela facilidade de difusão dos resíduos no ambiente, são mais difíceis de serem monitoradas. Portanto, as medidas de controle devem se basear, principalmente, na educação ambiental e em práticas agrícolas e de uso da terra adequadas. Este tipo de poluição, muitas vezes, está relacionado com a ineficiência de alguns sistemas de produção que utilizam insumos de forma inadequada e parte destes insumos retorna como efluentes às águas superficiais e subterrâneas, contendo grandes quantidades de sais, nutrientes, pesticidas e sedimentos, contribuindo para deterioração de sua qualidade e redução da disponibilidade de água nas fontes (Sagardoy, 1993; Ongley, 1996; 2001; Meybeck e Helmer, 1997; OMM, 1997; Rhoades *et al.*, 1999).

Dada a complexidade dos diferentes fatores de produção agrícola envolvidos no processo de poluição dos recursos hídricos, principalmente relacionados ao uso do solo, água, fertilizantes, pesticidas, entre outros, Ongley (2001) hierarquiza cinco categorias de fatores, priorizando os elevados níveis de salinidade das águas e dos solos, as altas temperaturas e as altas concentrações de nitrato nas águas superficiais e subterrâneas, colocando, em último plano, os problemas de poluição relacionados aos pesticidas (Figura 2.2). Ressalta, também, que à medida que estas fontes de poluição diminuem em escala, no geral, ocorrem diminuições dos conhecimentos básicos e da eficiência da produção da informação, maior complexidade científica e aumento dos custos para resolução dos problemas.

A salinização dos solos e das águas tanto pode ser atribuída à origem natural, ou seja, às características geológicas e dos solos, como à irrigação. No primeiro caso, os sais constituem-se dos cátions de sódio, cálcio e magnésio e dos ânions cloretos e sulfatos e, em menores quantidades, carbonatos, bicarbonatos e nitratos, os quais são os minerais primários constituintes das rochas; no segundo, a salinidade resultante está relacionada ao manejo inadequado da água de irrigação; falta de lixiviação e drenagem; infiltrações em canais; flutuações do lençol freático; fertilização excessiva; altas taxas

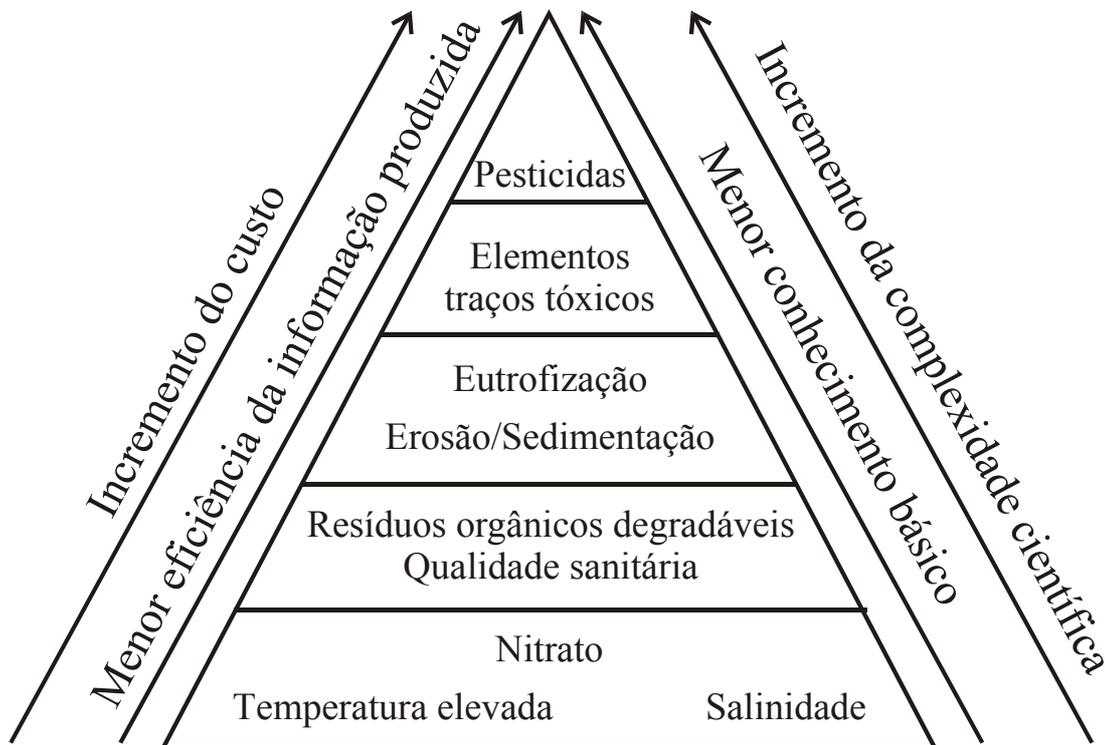


Figura 2.2. Hierarquia dos problemas de qualidade das águas (Fonte: Ongley, 1996)

evapotranspirométricas e reduzidas precipitações. Estima-se que 10 milhões de hectares são abandonados anualmente, devido à degradação dos solos (Rhoades *et al.*, 1990; 1999). Estes números são bastante significativos considerando-se a necessidade de se aumentar a produção agrícola para atender à demanda de alimentos da população em crescimento.

Em relação à qualidade da água de irrigação, uma lâmina aplicada de 100 mm, com 500 mg L<sup>-1</sup> de sais (CE ≈ 0,7 dS m<sup>-1</sup>), considerada de baixa salinidade e sem restrições de uso na irrigação, adiciona 500 kg ha<sup>-1</sup> de sais ao solo. Parte destes sais pode ser absorvida pelas plantas, enquanto a outra se acumula na zona radicular a cada irrigação, a menos que seja removida pela lixiviação e drenagem, processo fundamental para o controle da salinidade do solo (Rhoades *et al.*, 1990), evitando a elevação do lençol freático, um dos mais frequentes problemas em agricultura irrigada, devido às baixas

eficiências da irrigação, em torno de 20-30%. A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) enfatiza que se a eficiência de irrigação aumentar para 50%, reduzirá significativamente a elevação do lençol freático (Dougherty e Hall, 1995).

Os efeitos da salinidade no solo são manifestados na perda do estande, redução da taxa de crescimento das plantas, redução ou perda total da produtividade. A salinidade limita a retirada de água pelas plantas devido à redução do potencial osmótico e, assim, do potencial total de água no solo, reduzindo sua permeabilidade; além disso, certos elementos como cloreto, sódio, boro, nitrato, podem se tornar tóxicos às plantas ou causar desequilíbrios nutricionais, se presentes em altas concentrações. Estes efeitos ocorrem de forma similar para todas as plantas; no entanto, nem todas são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade; algumas são mais tolerantes e podem extrair água do solo com mais facilidade (Rhoades *et al.*, 1990; Ayers e Westcot, 1991). Segundo estes autores, para evitar tais problemas, não basta apenas conhecer o teor de sais; é necessário analisar também sua natureza, uma vez que nem todas as soluções salinas produzem os mesmos efeitos. Por outro lado, além da composição química, deve-se considerar fatores relacionados com a cultura, solo, sistema de irrigação, drenagem e clima, como discutido por Medeiros e Gheyi (1997), Queiroz *et al.* (1997) e Santos e Hernandez (1997).

Além dos problemas de salinidade, altas concentrações de pesticidas e nitrato têm sido encontradas nas águas superficiais e subterrâneas de vários países (Cheng, 1990; Mompo e Armentia, 1992; Andreoli, 1993; Calamari, 1993; Flury, 1996; Ongley, 1996; 2001), tornando-se, assim, um problema em escala mundial. Diante disto, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA), durante cinco anos, conduziu monitoramento do uso de agroquímicos, observando-se a presença de nitrato em pelo menos 50% dos poços que atendem à demanda de água para consumo doméstico, sendo o nitrato o íon com maior nível de poluição, seguido por produtos petrolíferos, metais e pesticidas em 49, 46, 45 e 43 estados americanos, respectivamente. Kanf *et al.* (1983), citados por Santos *et al.* (1997), detectaram níveis de nitrato de até 90 mg L<sup>-1</sup> em um aquífero que contribui com 25% do consumo de água de uma cidade litorânea de Israel.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA e outros órgãos internacionais como Organização Mundial de Saúde - OMS e a US-EPA recomendam como limite máximo na água para consumo humano 10 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, correspondendo a, aproximadamente, 50 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. De acordo com a OMS (WHO, 1993, citado por Ongley, 1996; 2001) não existem evidências de nitrato/nitrito como causador de câncer no

homem, porém, recomenda que este nível deve permanecer visando prevenir a metahemoglobinemia, muito embora Hill *et al.* (1973), citados por Santos (1997), tenham encontrado correlações positivas entre câncer gástrico e populações que ingeriram águas com altas concentrações de nitrato.

A metahemoglobinemia é causada pela ingestão do nitrato presente na água e/ou nos alimentos, que se acumula nos tecidos e no tubo digestivo, se reduz a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) pela ação dos microrganismos, entra na corrente sanguínea e oxida o ferro ( $\text{Fe}^{++} \Rightarrow \text{Fe}^{+++}$ ) da hemoglobina, resultando na metahemoglobina. Esta forma de hemoglobina é incapaz de transportar oxigênio dos pulmões para o resto do corpo, causando a metahemoglobinemia, também conhecida como “síndrome do bebê azul”, à qual as crianças até seis meses de idade são bastante susceptíveis, devido à menor disponibilidade de hemoglobina. No corpo humano, o nitrito também pode se combinar com as amins do organismo e formar nitrosaminas, que são substâncias cancerígenas e mutagênicas. As nitrosaminas também podem resultar a partir de reações entre o nitrato e o herbicida Atrazina, muito utilizado em plantações de milho nos Estados Unidos (Siqueira, 1994; Culliney *et al.*, 1992, citados por Frighetto, 1997, Nierenberg, 2001).

Provenientes dos fertilizantes minerais ou orgânicos, o nitrogênio e o fósforo são decisivos no processo de eutrofização das águas superficiais, muito embora, ainda não esteja devidamente quantificada a contribuição da agricultura neste processo, devido à dinâmica e à complexidade do ciclo do nitrogênio, especialmente os microbiológicos responsáveis pela mineralização, fixação e desnitrificação do nitrogênio (Siqueira, 1994). Segundo Keeney (1982), citado por Siqueira (1994), cerca de 50% do nitrogênio aplicado é absorvido pelas plantas; o restante é mobilizado no solo e perdido por desnitrificação e lixiviação, podendo causar sérios problemas ambientais como eutrofização, afetar a camada de  $\text{O}_2$ , não atender às necessidades da cultura, afetar a saúde do homem e do ambiente.

Embora tanto o nitrogênio quanto o fósforo contribuam com o processo da eutrofização, a classificação trófica focaliza o fósforo como o nutriente limitante (Ongley, 2001). Sperling (1997) afirma que a influência negativa da eutrofização dos corpos hídricos é devida ao desenvolvimento exagerado de microrganismos e plantas aquáticas, que após sua morte, demandam grandes quantidades de oxigênio para sua decomposição, causando, portanto, problemas de falta de oxigênio na água, e, conseqüentemente, a morte dos animais. O monitoramento da eutrofização nos corpos de água deve consistir da

avaliação de parâmetros como clorofila-a, nitrogênio e outros nutrientes, oxigênio dissolvido e avaliação da cobertura vegetal submersa (US-EPA, 1996).

Segundo Ongley (2001), uma massa de água pode ser classificada em função de seu estado trófico quando apresenta valores médios para fósforo total e máximo para clorofila-a em oligotrófico: 8,0 e 4,2; mesotrófico: 26,7 e 16,1; eutrófico: 84,4 e 42,6 mg m<sup>-3</sup>; hipertrófico: acima destes valores, respectivamente. Porém, Chapra e Tarapchak (1976), citados por Nogueira (1991), enfatizam que estas informações são insuficientes para se determinar, com precisão, o nível trófico de um corpo d'água. Para regiões de climas tropicais, à semelhança do Nordeste brasileiro, há de se considerar que altas temperaturas provocam maior produção e maior concentração de clorofila-a, comparativamente às regiões temperadas, sem que isto implique eutrofização, sendo necessárias, portanto, análises de outros fatores, condições e indicadores. Neste sentido, Falcão *et al.* (2000) citam que a OMS recomenda como critério de avaliação para algas o limite de 20.000 organismos por mililitro, como máximo aceitável para abastecimento público; porém, não existem normas brasileiras sobre este parâmetro.

Processos erosivos que ocorrem na bacia hidrográfica também influenciam na qualidade das águas, contribuindo com o aumento de turbidez, eutrofização e contaminação por agroquímicos. Segundo Wauchope (1978), citado por Flury (1996), as perdas de pesticidas aplicados às culturas são estimadas em 1% a 2% da massa total aplicada. Estes valores podem parecer baixos; no entanto, há estimativas de que o rio Mississippi (E.U.A.) recebe anualmente mais de 300 t de pesticidas (Pereira e Hostettler, 1993, citados por Flury, 1996), tornando-se, assim, valores bastante significativos, além de que muitas destas substâncias são conservativas, ou, quando se degradam, podem se transformar em produtos mais tóxicos que suas moléculas iniciais.

Segundo Ongley (2001), a poluição por sedimentos provenientes dos processos erosivos tem duas grandes dimensões: a primeira é física – as perdas de solo por erosão e, conseqüentemente, a sedimentação contribui com excessivo nível de turbidez das águas e a diminuição da capacidade de armazenamento dos reservatórios; a segunda é química – as frações de silte e argila adsorvem produtos químicos, especialmente fósforo, pesticidas clorados e muitos metais e os transportam para os sistemas aquáticos, alterando significativamente a qualidade destes ecossistemas. Flury (1996) considera que a estrutura do solo, teor de umidade e de matéria orgânica, carbono orgânico do solo, sistema de

irrigação e manejo do solo e da água, formulações, dosagens e frequência de aplicação, fluxo preferencial, entre outros, são fatores determinantes no comportamento e destino de solutos aplicados nas culturas e, conseqüentemente, na poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Para reduzir as concentrações de agroquímicos nas fontes hídricas, são necessárias medidas estratégicas de manejo dos sistemas agrícolas, de forma que reduzam seu uso e o conseqüente transporte para as fontes hídricas. Segundo USGS (1999), políticas de proteção e recuperação da qualidade das águas devem considerar: estratégias de manejo para avaliar as características físicas, uso de agroquímicos e fatores naturais que governam o comportamento e a vulnerabilidade de contaminação das fontes hídricas; políticas ambientais que considerem as entradas no sistema hidrológico, sua dinâmica e complexidade, incluindo as interações entre águas; e implementação de modelos de simulação para estimar riscos de contaminação.

No Nordeste brasileiro, a área irrigada aproxima-se de 500 mil hectares, distribuídos em 14 pólos de irrigação (Lima *et al.*, 1999). No pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, região do Submédio São Francisco, a área irrigada é de 100 mil hectares, com potencial para irrigar 800 mil hectares, aproximadamente. A expansão da agricultura irrigada nesta região se deve às suas características climáticas, como altas temperaturas, luminosidade e baixa umidade relativa do ar, resultando em condições favoráveis a uma agricultura eficiente do ponto de vista econômico. Por outro lado, os sistemas de produção adotados são, na maioria das vezes, de baixa eficiência de aplicação de água de irrigação e manejo dos solos e do uso inadequado de fertilizantes e de defensivos agrícolas.

Estas características favorecem a lixiviação de compostos orgânicos e inorgânicos, com grande potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, uma vez que a hortifruticultura intensivamente praticada é altamente dependente de insumos. Estudos realizados no Submédio São Francisco, pela Embrapa Meio Ambiente, sobre os riscos de contaminação dos recursos hídricos por pesticidas aplicados nas culturas da mangueira e videira reforçam a necessidade de pesquisas mais específicas sobre as propriedades físicoquímicas destes produtos e sua dinâmica nas condições edafoclimáticas da região (Ferracini *et al.*, 2001).

Souza e Mota (1995), para atender aos objetivos do Projeto ÁRIDAS, realizaram diagnóstico dos recursos hídricos na região Nordeste, enfatizando aspectos relacionados à qualidade das águas e constataram que além da precariedade de dados

disponíveis e informações confiáveis, foram observados a intensificação da degradação antrópica; alterações da qualidade da água armazenada em alguns mananciais, principalmente, aumento da salinização; pouca atenção às práticas conservacionistas de solo e água, com desmatamento das margens das fontes hídricas, favorecendo os processos de erosão e de transporte de sedimentos em importantes bacias, como São Francisco e Parnaíba; processo crescente de poluição dos recursos hídricos causada por esgotos domésticos, industriais, matadouros, lixo, fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Embora a poluição das fontes hídricas esteja diretamente relacionada às atividades antrópicas, a presença de alguns constituintes em altas concentrações nas águas naturais, muitas vezes ocorre como resultado de processos físicos, químicos e climáticos na área de abrangência destas fontes, contribuindo para mudanças na qualidade de suas águas. Contudo, a natureza destes constituintes normalmente é função do tipo de geologia e de sua distribuição no espaço e dos processos físicoquímicos atuantes, definindo a qualidade das águas naturais (Faust e Aly, 1981). Dependendo da concentração relativa, os constituintes de qualidade das águas são denominados de principais ou maiores, de menores e de elementos-traço. Em geral, um constituinte é denominado de principal, quando está presente na água em teores superiores a  $5 \text{ mg L}^{-1}$ . Quando os teores estão entre  $5$  e  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  são chamados de menores e, finalmente, quando inferiores a  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , são considerados elementos-traço ou micropoluentes. Os metais pesados, metais tóxicos e outros constituintes orgânicos sintéticos, como os pesticidas, estão presentes nas águas como elementos menores ou traços; muito embora, mesmo nestas concentrações, muitos destes compostos causam sérios danos à saúde do homem e do ambiente. Os ânions e os cátions são, com frequência, os constituintes maiores ou principais (Rebouças, 1999).

Diante da necessidade de manter ou aumentar a disponibilidade hídrica em nível global, medidas para eliminar ou reduzir os riscos de contaminação dos recursos hídricos tornam-se prioritárias. A US-EPA, juntamente com outros órgãos governamentais e não-governamentais, propuseram metas para serem atingidas no período de 1995-2005, sobre a manutenção e recuperação da qualidade dos recursos hídricos, representadas por cinco grandes objetivos relacionados à saúde pública, saúde dos ecossistemas, definição de prioridades de usos, condições ambientais e cargas de poluentes, englobando 18 indicadores de qualidade de água. O Indicador 1 está relacionado aos requerimentos de qualidade das águas visando a saúde pública e inclui parâmetros como coliformes totais, contaminação química e radiológica. Quando estes padrões são violados, os sistemas de

distribuição de água podem remover os contaminantes, notificar e aplicar penalidades aos órgãos responsáveis (US-EPA, 1996).

Com relação à agricultura como fonte difusa de poluição dos recursos hídricos, uma vez que esta se desenvolve em simbiose com os elementos terra e água versus atividades humanas, Sagardoy (1993) recomenda ações voltadas para o estabelecimento de sistemas economicamente viáveis de monitoramento da qualidade da água; prevenção dos efeitos adversos das atividades agrícolas sobre a qualidade da água por meio da otimização do uso de insumos; estabelecimento de critérios biológicos, físicos e químicos da qualidade da água para os usuários agrícolas e para os ecossistemas marinho e fluvial; proteção dos solos contra o transporte por erosão e a sedimentação; métodos adequados de tratamento de esgotos; redução dos efeitos adversos dos defensivos agrícolas pelo manejo integrado de pragas, e educação das comunidades quanto aos impactos da poluição pelo uso de defensivos e fertilizantes na qualidade da água e dos alimentos.

No Brasil, Garrido (1999) cita algumas medidas como reuso doméstico da água; recirculação em processos industriais e de mineração; prática da irrigação noturna; recarga de aquíferos; adoção de tecnologias limpas para os processos industriais e cuidados com os rejeitos das minerações e, entre outras, educação ambiental. Enfatiza, ainda, que a implementação dessas medidas torna-se tanto mais eficaz quanto maior a dependência por água da região, devendo estas ser atribuídas aos organismos encarregados pela gestão dos recursos hídricos em concordância com os próprios usuários.

A qualidade das águas é definida por sua composição física, química, biológica e radioativa e, conseqüentemente, pelos efeitos que seus constituintes podem causar no ambiente. Considerados como nobres, determinados usos da água exigem rigoroso controle de qualidade, enquanto outros usos são mais permissíveis e não estão vinculados a critérios rígidos. Desse modo, a qualidade da água depende de sua finalidade. Padrões de qualidade para consumo humano, indústria, irrigação, variam enormemente. Em função de seus usos e considerando suas características, vários organismos, como o CONAMA, Ministério da Saúde - MS, US-EPA, OMS, entre outros, estabeleceram critérios e padrões específicos de qualidade da água, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos. É importante enfatizar que as diretrizes da OMS para água potável servem apenas como referências, devendo ser adaptadas à região. Com relação aos critérios estabelecidos pelo CONAMA (1986), Nascimento (1998) os considera muito rígidos, principalmente, para regiões de escassez de água.

A Resolução 20/86 do CONAMA (CONAMA, 1986) define nove classes de águas, segundo seus usos preponderantes, das quais cinco são classificadas como águas doces ( $SDT < 500 \text{ mg L}^{-1}$ ), duas como salobras ( $500 < SDT < 30.000 \text{ mg L}^{-1}$ ) e outras duas como salinas ( $SDT > 30.000 \text{ mg L}^{-1}$ ), entre outras variáveis consideradas na referida classificação.

Para viabilizar o gerenciamento dos recursos hídricos, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL subdividiu o Brasil em oito grandes bacias hidrográficas, compreendendo os principais cursos d'água com potencial hidráulico, monitorando 423 estações de qualidade de água em todo o país, formando a rede hidrogeoquímica da água, que tem entre seus principais objetivos conhecer as alterações ocorridas no perfil hidrogeoquímico dos principais cursos d'água, dinamizar a coleta e a análise de informações referentes à qualidade das águas e ao fluxo de sedimentos e estruturar um banco de dados com informações para suporte à tomada de decisão (ANEEL, 1998). Esta missão, atualmente, está sob a direção da ANA, regulamentada pela Lei Federal N.º. 9.984/00, de 17/07/2000 (MMA, 2000).

Os indicadores básicos utilizados para o monitoramento estratégico e caracterização da qualidade das águas da rede hidrogeoquímica da ANEEL são pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura, além de dados de sedimentos em suspensão e perfis de descarga líquida, para a caracterização do transporte de sedimentos. No entanto, em nível regional, o monitoramento da qualidade das águas é mais detalhado, incluindo-se variáveis como cor, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade, dureza, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, metais pesados. Além destes parâmetros físicos e químicos, são avaliados os parâmetros bacteriológicos, representados pela determinação de bactérias coliformes fecais e totais (Araújo *et al.*, 1999). O termo “indicador” pode ser definido como uma observação ou medição, em termos quantitativos, que permite que um componente ou uma ação de um sistema ambiental seja descrito, considerando os limites dos conhecimentos atuais.

O monitoramento da qualidade das águas determina a adequação das coleções hídricas aos padrões estabelecidos para a classe das mesmas, assegurando o uso adequado e minimizando impactos ambientais decorrentes do uso de águas poluídas, objetivos estes que devem ser constantemente perseguidos. A ANEEL (1998) conceitua o gerenciamento de recursos hídricos como sendo um processo dinâmico, ambientalmente sustentável, que baseado numa adequada administração da oferta das águas, trata da

organização e compatibilização dos diversos usos setoriais dos recursos hídricos, tendo por objetivo uma operação harmônica e integrada das estruturas decorrentes, de forma a se obter o máximo benefício das mesmas.

As fontes hídricas, cujas águas são destinadas ao consumo humano, podem ser monitoradas visando estabelecer níveis de requerimentos de tratamento das águas e detectar a presença de poluentes que não são removidos durante os processos de tratamento, ou que podem interferir nestes processos; entretanto, em regiões de escassez de água para as diversas finalidades, em geral, estes níveis de qualidade não são considerados, à semelhança da região semi-árida brasileira, principalmente no meio rural, em que no período das secas, os conflitos entre os consumos humano, animal e agrícola são constantes durante a maioria dos meses do ano.

### **2.3. Análise Multivariada Aplicada a Recursos Hídricos**

Em estudos de avaliação e monitoramento da qualidade das águas, normalmente é utilizado um grande número de variáveis para sua descrição e estas, por sua vez, são fortemente correlacionadas, dificultando o entendimento de suas inter-relações e a tomada de decisão de medidas a serem implementadas. Com a utilização de técnicas estatísticas, é possível reduzir o número de variáveis, definir suas relações, identificar as variáveis que são responsáveis pela dispersão das observações e evidenciar possíveis agrupamentos. As análises fatorial em componentes principais e de agrupamento são métodos estatísticos de análise multivariada que têm como objetivo responder a estas proposições (Andrade, 1989).

A análise fatorial é uma técnica de análise multivariada que possibilita não só a rotação dos eixos (fatores) que sintetizam as informações contidas na matriz de dados, como, também, o estabelecimento de eixos não-ortogonais que representam o mútuo relacionamento entre fatores que são interdependentes. Esta análise consiste em definir conjuntos de variáveis ortogonais, isto é, não correlacionadas, denominados de “fatores” ou “componentes principais”, a partir da transformação linear realizada em uma matriz formada pelas variáveis observadas (Andrade, 1989; Bouroche e Saporta, 1980).

A análise de agrupamento ou “cluster” tem por finalidade encontrar e separar variáveis em grupos, de acordo com seu grau de similaridade ou dissimilaridade, segundo suas características comuns (Bussab *et al.*, 1990; Bouroche e Saporta, 1980).

Estas técnicas de análise multivariada têm sido empregadas em diferentes áreas do conhecimento científico, como nas áreas agrícola (Pinare e Oliveira, 1985), sócio-econômica (Andrade, 1989), de recursos hídricos (Valbuena, 1994; Ceballos, 1995; Silva, 1997; Ortiz-Estarellas *et al.*, 2001; Aguilera *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2002; Cruz *et al.*, 2002), pecuária (Holanda Júnior, 2000), estudos sobre sustentabilidade ambiental (Environmental Sustainability Index, 2002), entre outras.

Países ricos, pobres, emergentes e sub-emergentes, num total de 142, foram analisados utilizando-se análise de agrupamento visando definir um índice de sustentabilidade ambiental - ISA. Nestes estudos, foram analisadas 68 variáveis, definidas em 20 indicadores ambientais, sociais, econômicos e institucionais, agrupados em cinco grandes componentes: sistemas ambientais, redução de estresse, redução de vulnerabilidade humana, capacidade social e institucional, e tendências globais. No contexto da qualidade da água, quatro variáveis formaram este indicador: oxigênio dissolvido, concentração de fósforo, sólidos suspensos e condutividade elétrica. Porém, fatores relacionados à poluição das águas provenientes de fontes pontuais e não pontuais como fertilizantes, pesticidas, resíduos industriais e domésticos estão contemplados no indicador “estresse da água” (Environmental Sustainability Index, 2002).

O índice ISA varia de 0 a 100 e considera situações passadas, atuais e tendências futuras. Neste estudo, o Brasil ficou em 20º lugar (ISA = 59,6), estando à frente da Holanda (33º), França (34º), Espanha (46º), Estados Unidos (51º), entre outros. A Finlândia foi classificada em 1º lugar (ISA = 73,9). Estudos dessa natureza fortalecem e auxiliam na definição de medidas adequadas a serem implementadas por grupos de indivíduos com características semelhantes, visando a melhoria da qualidade ambiental.

Estudando a tipologia de três açudes no Estado da Paraíba, em épocas de seca e chuvosa, Ceballos (1995) aplicou técnicas de análise multivariada, envolvendo análise de componentes principais e análise de agrupamento para avaliar a qualidade sanitária, biológica, física e química das águas, verificar as correlações existentes entre estas variáveis, identificar fungos, cianobactérias e algas, e definir um conjunto de parâmetros suficiente para avaliar o nível trófico de águas superficiais em regiões tropicais semi-áridas. Nestes estudos, foram observados que a análise de componentes principais

reduziu o número de variáveis analisadas, de 14 para 7, de forma que não alterou as informações sobre a dinâmica interna dos ecossistemas. Os resultados também permitiram definir medidas de monitoramento destes reservatórios, como a redução de pontos de amostragem de 10 para 4, e identificaram correlações entre as variáveis.

No contexto da qualidade dos recursos hídricos, Silva (1997) avaliou os impactos ambientais do uso dos solos e águas no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, em Petrolina-PE, em áreas cultivadas com a cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum*, M.), utilizando dados de 15 anos de produção. Nestes estudos, foram utilizadas ferramentas de análises de componentes principais e de agrupamento, avaliando 115 variáveis correspondendo às características físicas e químicas de 84 perfis de solos, definindo, assim, quatro novas variáveis, ou fatores principais, que conjuntamente explicaram 52,84% da variância total: Fator 1- disponibilidade de nutrientes; Fator 2 - água e componentes orgânicos; Fator 3 - reação do solo, e Fator 4 - textura e estrutura dos solos. Por meio da análise de agrupamento, os dados foram classificados em quatro grupos: solos, tipos de agricultores que cultivam o tomate, produtividade, uso de fertilizantes e pesticidas, permitindo, desse modo, a elaboração de mapas de qualidade ambiental e a definição e medidas de redução de impactos ambientais em nível do projeto de irrigação.

Mello (1998) utilizou técnicas de análise de componentes principais para classificar a qualidade das águas de 59 estações da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, avaliando 40 variáveis, observando-se que a variável condutividade elétrica (CE) apresentou maior carga fatorial (0,673), indicando grande quantidade de sais dissolvidos na água. No Fator 1, observou a predominância de variáveis bioquímicas e no Fator 2, as variáveis físicas.

Ortiz-Estrelles *et al.* (2001), com auxílio da análise multivariada, avaliaram 25 variáveis de qualidade das águas de uma estação de tratamento, na Espanha, e recomendam que esta metodologia pode ser automatizada e implementada em análise de rotina de laboratórios, utilizando sistema de alarme, visando prevenir conseqüências negativas no uso das águas e/ou minimizar custos de análises de variáveis com baixa participação no conjunto de variáveis que definem a qualidade das águas, aumentando, assim, a eficiência do sistema.

Em águas costeiras, também na Espanha, índices de qualidade de água foram desenvolvidos por Aguilera *et al.* (2001), utilizando procedimentos metodológicos de análise multivariada em dados de amônio, nitrito, nitrato e fósforo e, classificou as

águas em três classes quanto ao nível trófico: águas com elevadas concentrações desses compostos foram classificadas no grupo 1, denominadas como eutróficas; no grupo 2, as mesotróficas e no grupo 3, as águas oligotróficas. Valbuena (1994) aplicou análise de agrupamento para analisar 15 variáveis de qualidade de água coletadas em 52 estações da bacia hidrográfica do rio Tajo (Espanha), classificando-as em grupos segundo os valores da condutividade elétrica (CE) e soma de cátions e de ânions, ressaltando que a condutividade elétrica foi influenciada pela presença de altas concentrações de sulfato e sódio.

Oliveira *et al.* (2002) empregaram análise fatorial e de agrupamento para definir as variáveis de maior importância no contexto da qualidade das águas e agrupar pontos com características homogêneas, visando definir metodologia de gestão e orientar na tomada de decisões de medidas atenuantes de impactos negativos. Estes estudos, realizados no riacho Vitória, que recebe águas de drenagem do projeto de irrigação Senador Nilo Coelho e deságua no rio São Francisco, em Petrolina-PE, apresentaram como variável de maior carga potencial a condutividade elétrica, seguida pela temperatura da água e pelo teor de oxigênio dissolvido.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica do Salitre**

##### **3.1.1. Localização**

A bacia hidrográfica do rio Salitre está inserida à margem direita de uma das oito grandes bacias brasileiras, a do rio São Francisco (ANEEL, 1998). Inicia-se na Chapada Diamantina, município de Morro do Chapéu-BA, e deságua ao norte do Estado, a 20 km à montante de Juazeiro-BA. Esta bacia está compreendida entre as latitudes 09°27' e 17°14' e as longitudes 40°22' e 41°30', e ocupa uma área de 13.199,7 km<sup>2</sup>, com um comprimento do curso principal de 270 km, aproximadamente (CEI, 1986), (Figura 3.3).

##### **3.1.2. Aspectos Sócio-Econômicos**

A bacia do rio Salitre compreende parte dos municípios de Morro do Chapéu, Miguel Calmon, Jacobina, Campo Formoso e Juazeiro, cujas sedes municipais

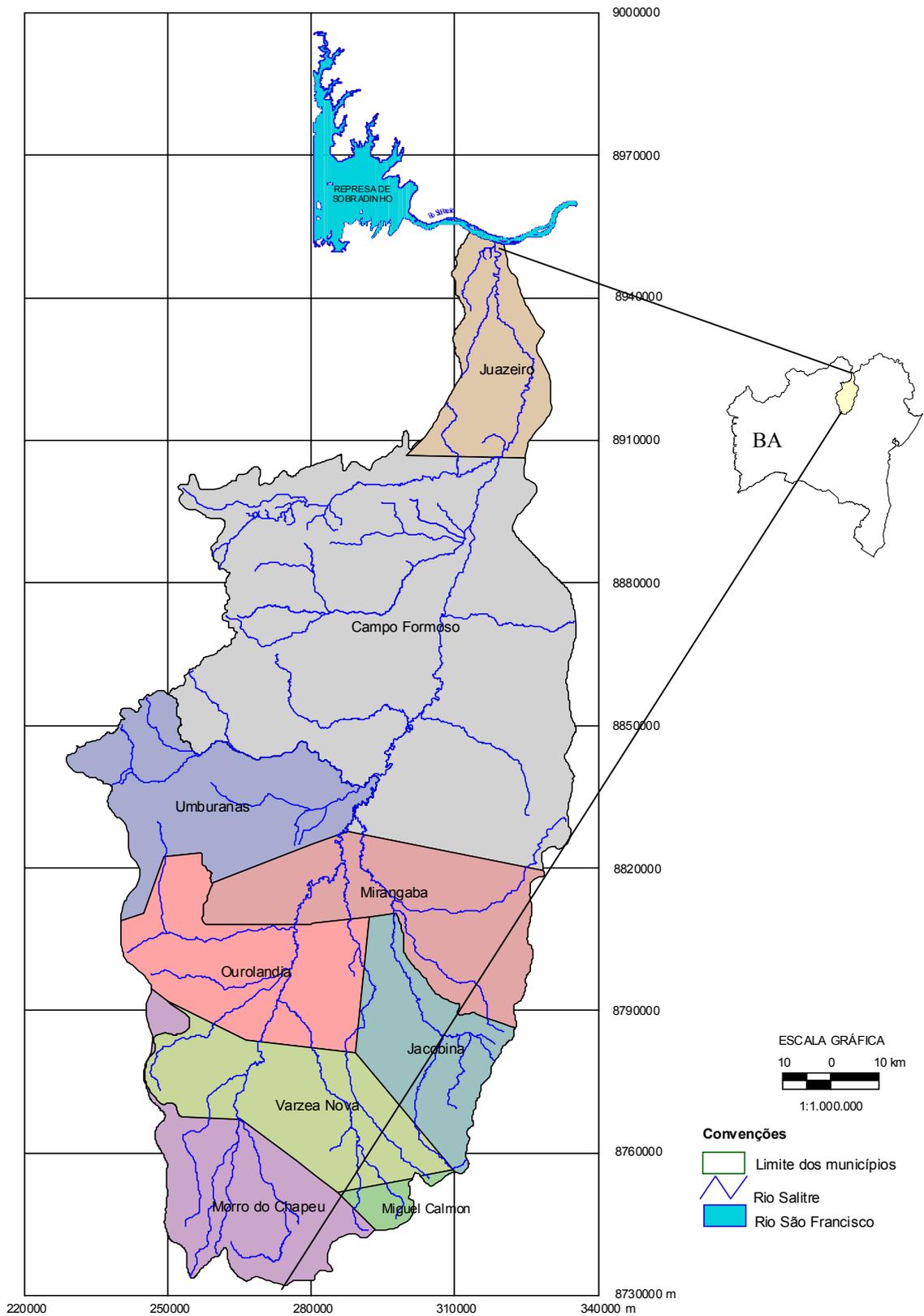


Figura 3.3. Localização geográfica da bacia hidrográfica do Salitre, Bahia.

estão localizadas fora da área de abrangência da referida bacia, além de quatro municípios que pertencem integralmente à bacia, como Mirangaba, Várzea Nova, Ourolândia e Umburanas, sendo que os três últimos foram emancipados a partir do final da década de 80. Na área interiorana destes municípios, observa-se a presença de diversos distritos e povoados bem populosos e dotados de infra-estrutura básica, como energia elétrica, telefone público, escolas de primeiro grau, postos de saúde, água, etc. Entre estes, citam-se: Lajes do Batata e Caatinga do Moura (Jacobina), Delfino (Umburanas), Taquarandi (Mirangaba), Tiquara e Abreus (Campo Formoso), Junco e Santa Terezinha (Juazeiro).

Segundo SEI (1999), estes municípios apresentam uma população total de 433.114 habitantes, dos quais 168.678 habitantes, correspondendo a 38,95%, constituem a população rural (Tabela 3.1). A partir de uma análise comparativa da população atual com a de 1980, pode-se observar que o contingente populacional da zona rural foi totalmente revertido nos últimos vinte anos. De acordo com dados do Censo Demográfico de 1980 (CEI, 1986), a população rural nessa época correspondia a 61,64% da população total (324.055 hab.), muito embora, neste mesmo período, a população total tenha aumentado em 25,18%. De modo geral, o êxodo da população rural para as cidades se deve, provavelmente, a melhor infra-estrutura e serviços disponíveis para a população urbana, como saúde, educação, energia elétrica, água, entre outros, melhores oportunidades de emprego para os filhos e benefícios sociais do governo, como aposentadoria. Estes fatores, analisados conjuntamente, de certa forma, oferecem maiores oportunidades de melhoria da qualidade de vida para a população.

Na bacia do Salitre, as regiões de Caatinga do Moura (Jacobina), Taquarandi (Mirangaba) e toda a área da bacia pertencente ao município de Juazeiro-BA, têm como principal atividade econômica a agricultura irrigada, cultivando principalmente hortifrutícolas para atender aos mercados interno e externo. O município de Juazeiro, juntamente com o de Petrolina-PE, contemplam o maior pólo de agricultura irrigada da região Nordeste, se consolidando como um importante centro polarizador de desenvolvimento regional. Na última década, o município de Juazeiro apresentou a maior densidade populacional (27,14 hab km<sup>-2</sup>), como, também, a maior taxa de crescimento (3,41%), quando comparado com os demais municípios, alguns com taxas negativas (Tabela 3.1).

A estrutura fundiária do vale do Salitre foi formada em função da disponibilidade de água deste rio, proporcionando uma concentração de minifúndios na

Tabela 3.1. População urbana, rural e total, área municipal, densidade demográfica e taxa de crescimento dos municípios da bacia hidrográfica do Salitre (Fonte: SEI, 1999).

Município	População (hab.)			Área (km <sup>2</sup> )		Densidade demográfica (hab km <sup>-2</sup> )	Taxa de crescimento (%)
	Urbana	Rural	Total	Total	Salitre		
Morro Chapéu	19.786	14.689	34.475	5.513,40	1.101,40	6,25	0,91
Jacobina	52.048	24.381	76.429	2.328,90	869,40	32,82	-0,01
Várzea Nova	8.681	5.469	14.150	1.169,90	1.169,90	12,10	-2,11
Miguel Calmon	14.806	13.502	28.308	1.471,20	108,20	19,24	1,27
Mirangaba	4.706	9.549	14.255	1.160,30	1.160,30	12,29	-0,02
Ourolândia	4.458	10.896	15.354	1.281,10	1.281,10	11,99	2,56
Umburanas	6.183	7.954	14.137	1.820,0	1.345,90	7,77	2,28
Campo Formoso	20.972	40.933	61.905	6.833,60	5.377,20	9,06	-0,04
Juazeiro	132.796	41.305	174.101	6.415,40	786,30	27,14	3,41
<b>TOTAL</b>	<b>264.436</b>	<b>168.678</b>	<b>433.114</b>	<b>27.993,8</b>	<b>13.199,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

faixa ribeirinha, dada à possibilidade de uma exploração agrícola com menores riscos de perda (CEI, 1986). Atualmente, não se verifica tal situação, tendo em vista a não disponibilidade de fluxo de água contínuo nas partes alta e média da bacia, correspondendo a aproximadamente 2/3 de seu trecho, e a política de desenvolvimento governamental na região, com estímulo à agricultura irrigada, a partir do final da década de 70, que apesar de voltada para o pequeno produtor, deu impulso à implementação de médias e grandes empresas agrícolas, que praticam a agricultura irrigada, visando o comércio de exportação, que hoje se encontra consolidado nesta região.

O perfil tecnológico dos agricultores da bacia do Salitre é caracterizado por uma diversidade de sistemas de produção, variando em função de fatores como poder aquisitivo e capacidade de assimilar novas tecnologias. No caso dos sistemas agrícolas, observou-se uma diversidade grande de sistemas de irrigação, desde os métodos de baixa

eficiência de aplicação de água, como a irrigação por sulcos, até sistemas agrícolas altamente modernos, com o monitoramento da água, fertilizantes e pesticidas, pioneiro na região do Submédio São Francisco, denominado de sistema de produção integrada de frutas (PIF).

Segundo Ferracini e Pessoa (2001), a produção integrada viabiliza a produção de alimentos de alta qualidade, mediante o uso de técnicas que levam em consideração os impactos ambientais, possibilitando avaliar a qualidade dos produtos envolvidos nos processos produtivos, pós-colheita e comercialização. Atualmente, no Vale do São Francisco existem várias empresas exportadoras de manga e uva utilizando este sistema de produção como exigência do mercado externo, possibilitando o monitoramento das pragas e doenças das culturas, visando reduzir o uso de produtos fitossanitários, de forma que os níveis de resíduos dos frutos estejam de acordo com os padrões internacionais (Barbosa *et al.*, 2000). O uso incorreto de agrotóxicos pode tanto motivar restrições ao consumo do produto como causar danos ao ambiente e colocar em riscos a saúde de aplicadores dos produtos, produtores e consumidores.

### **3.1.3. Aspectos Climáticos**

O clima predominante na bacia do Salitre é do tipo BSh'W', segundo a classificação de Köppen (CEI, 1986; SEI, 1999), ou seja, um clima semi-árido, com um microclima que varia de úmido a subúmido, no município de Mirangaba. O clima semi-árido da bacia se caracteriza por um regime hidroclimatológico irregular, com precipitações médias anuais variando de 400 a 800 mm, concentradas nos meses de janeiro a abril. O regime térmico possui oscilação anual baixa, com valores médios de temperatura da ordem de 23,7 °C, com altos valores médios de evapotranspiração potencial, variando de 1000 a 1400 mm, resultando em deficiência de água no solo (Figura 3.4).

O regime hidrológico do rio Salitre, assim como de seus afluentes é efêmero, cujas águas escoam em seu leito por mais algum tempo depois de cessadas as chuvas. Porém, de acordo com CEI (1986), até o início dos anos 80, o rio Salitre apresentava vazão média anual de 1,27 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, variando em função da ocorrência e volume das precipitações. Segundos depoimentos da comunidade, esta situação agravou-se a partir

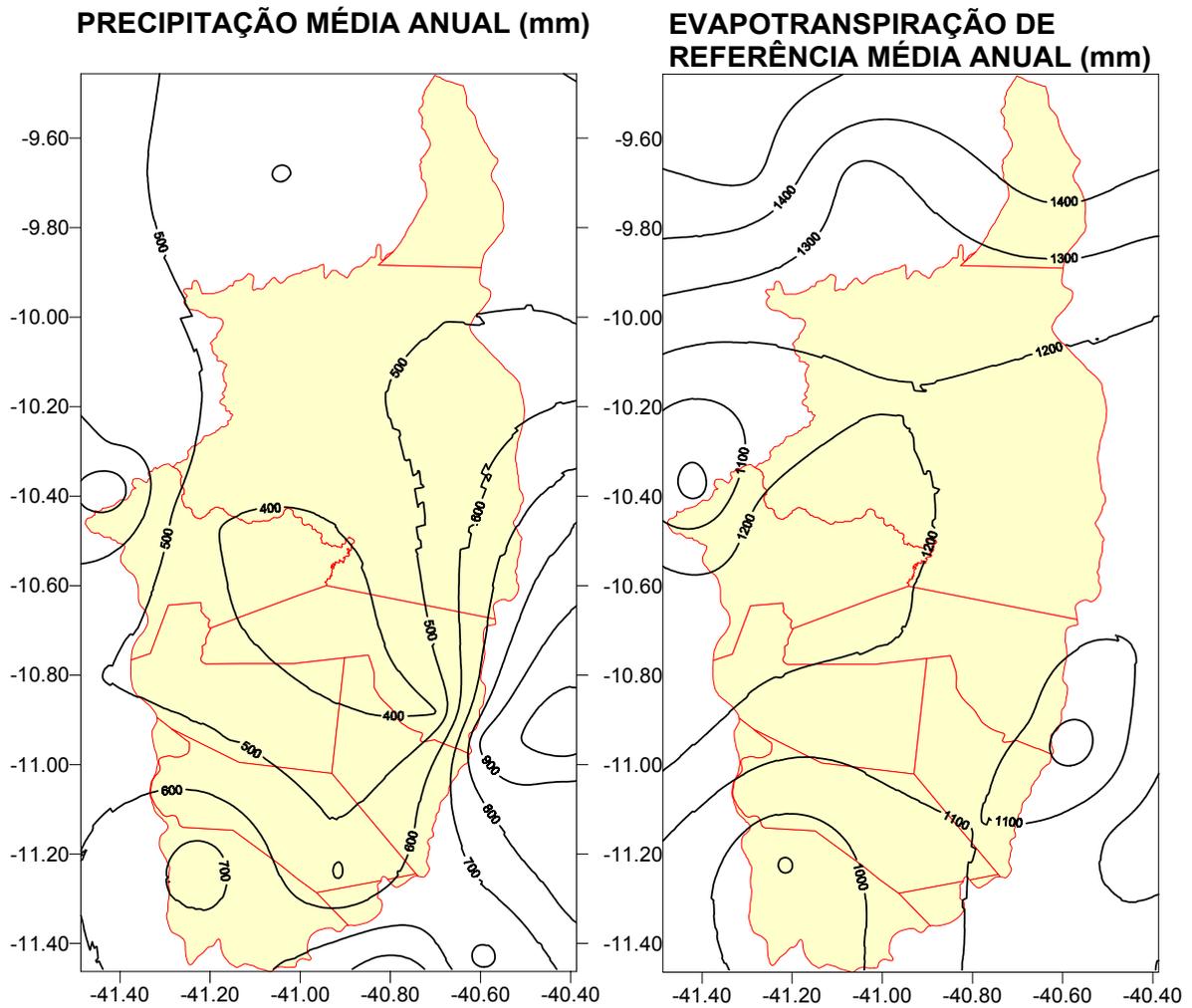


Figura 3.4. Precipitação e evapotranspiração de referência médias anuais da bacia do Salitre (Fonte: SEI, 1999).

deste período, coincidindo com a época da política de açudagem no Nordeste, quando foram construídas várias barragens nas cabeceiras deste rio e de seus afluentes principais (Tamboril, Ourolândia, Cantinho, Airson Nolasco, Taquarandi). Atualmente, as águas de algumas destas barragens não são utilizadas, devido à sua alta salinidade.

#### **3.1.4. Solos**

Estudos realizados pela FAO/SUDENE, RADAMBRASIL e Embrapa (CEI, 1986; Neves, 1972) fornecem as potencialidades dos recursos de solos da bacia do Salitre, abrangendo várias unidades pedológicas: Cambissolos eutróficos, Latossolos Vermelho Amarelo, Litólicos, Planossolos, Bruno não Cálcicos, Podzólicos Vermelho Amarelo, Areias Quartzosas, Regossolos, Vertissolos e pequenas manchas de Solonetz associado ao Planossolos (Figura 3.5).

Os Cambissolos eutróficos (Ce) constituem a unidade predominante, distribuindo-se de norte a sul da bacia, concentrando-se, principalmente, na parte oriental do submédio Salitre e geralmente, correspondem às áreas do substrato calcário. São solos bem drenados e, conseqüentemente, apresentam baixo potencial de escoamento superficial, textura franco-argilosa, rasos a moderadamente profundos, praticamente neutros e fortemente alcalinos, considerados como os melhores solos da bacia para o desenvolvimento da agricultura.

Os Latossolos Vermelho Amarelo (LVa e LVd) ocupam uma área equivalente à dos Cambissolos, com predominância nas partes média e alta da bacia. Originam-se dos metassedimentos da Chapada Diamantina e se caracterizam pelo avançado grau de intemperização de arenitos grosseiros, mal estratificados e de baixa fertilidade natural; têm baixo potencial para uso agrícola.

Os solos Litólicos (R) ocorrem nas partes noroeste e leste da bacia e se caracterizam por serem pouco desenvolvidos, rasos, pedregosos, com baixo potencial agrícola. Os Planossolos (PL) situam-se à margem esquerda da bacia, próximo da foz, são solos rasos, de baixa permeabilidade e bastante susceptíveis à erosão.

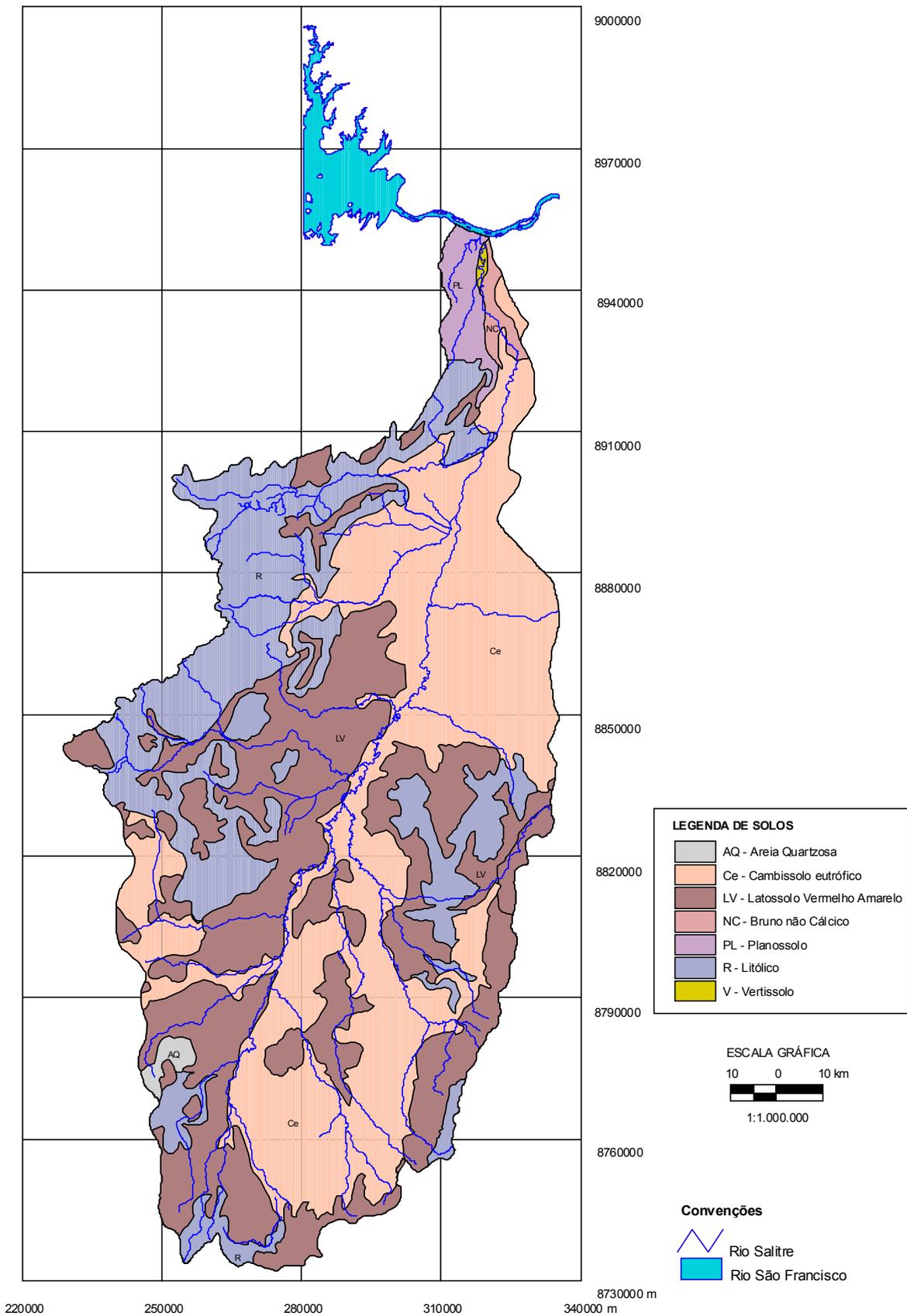


Figura 3.5. Classificação dos solos da bacia hidrográfica do Salitre.

Os solos Bruno não Cálcicos (NC) situam-se nas proximidades da foz, à margem direita do rio Salitre. São solos pouco profundos, de alta fertilidade natural e baixa permeabilidade. Nesta área, está sendo implantado, pelo Governo Federal, o Projeto de Irrigação do Salitre, que corresponde, inicialmente, a uma área irrigada de 20 mil ha. As demais unidades de solos ocorrem em pequenas manchas, sendo pouco representativas.

### **3.1.5. Geologia**

Predominam na bacia hidrográfica do Salitre rochas do grupo Bambuí e Chapada Diamantina, seguido dos Calcários Caatinga e de pequenas manchas de rochas dos grupos Jacobina, Cabrobó e Salitre na extremidade norte da bacia, representadas por metaclásticos diversos (CEI, 1986; Neves, 1972).

O grupo Bambuí é formado por um sistema de canais e fendas transversais ao seu desdobramento formados pela dissolução das rochas, condicionando a formação de um aquífero livre, possibilitando a acumulação de águas, que ora sobrepõem os metassedimentos Chapada Diamantina, ora o Substrato Cristalino. Este grupo subdivide-se em Formação Bebedouro, que se caracteriza pela presença de metassedimentos siltico-argilosos, e Formação Salitre que é constituída por uma seqüência de calcários cinza, microcristalinos, bem estratificados com intercalações de ardósias, ocorrendo em toda a parte central da bacia, representado por PC'B (Figura 3.6).

O grupo Chapada Diamantina contém rochas com granulometrias bem estratificadas, subdividindo-se nas formações: Formação Tombador (PC't) – predominam os metarenitos, bem classificados, estratificados e uniformes, presentes nas partes sudeste e noroeste da bacia; Formação Caboclo (PC'c) – constitui-se essencialmente de metarenitos finos e intercalados com metassiltitos e metargilitos, que, por suas características, apresentam baixa permeabilidade; e Formação Morro do Chapéu (PC'mc) – mais bem representada da bacia, sendo constituída de um nível de metarenitos médios e finos, culminando com metarenitos intercalados com argilas (Figura 3.6).

Calcários Caatinga localizam-se sobre os Calcários Bambuí ou sobre rochas do embasamento cristalino. Trata-se de um calcário branco, maciço e muito compacto, caracterizando-se como um aquífero fraco a irregular (Figura 3.6).

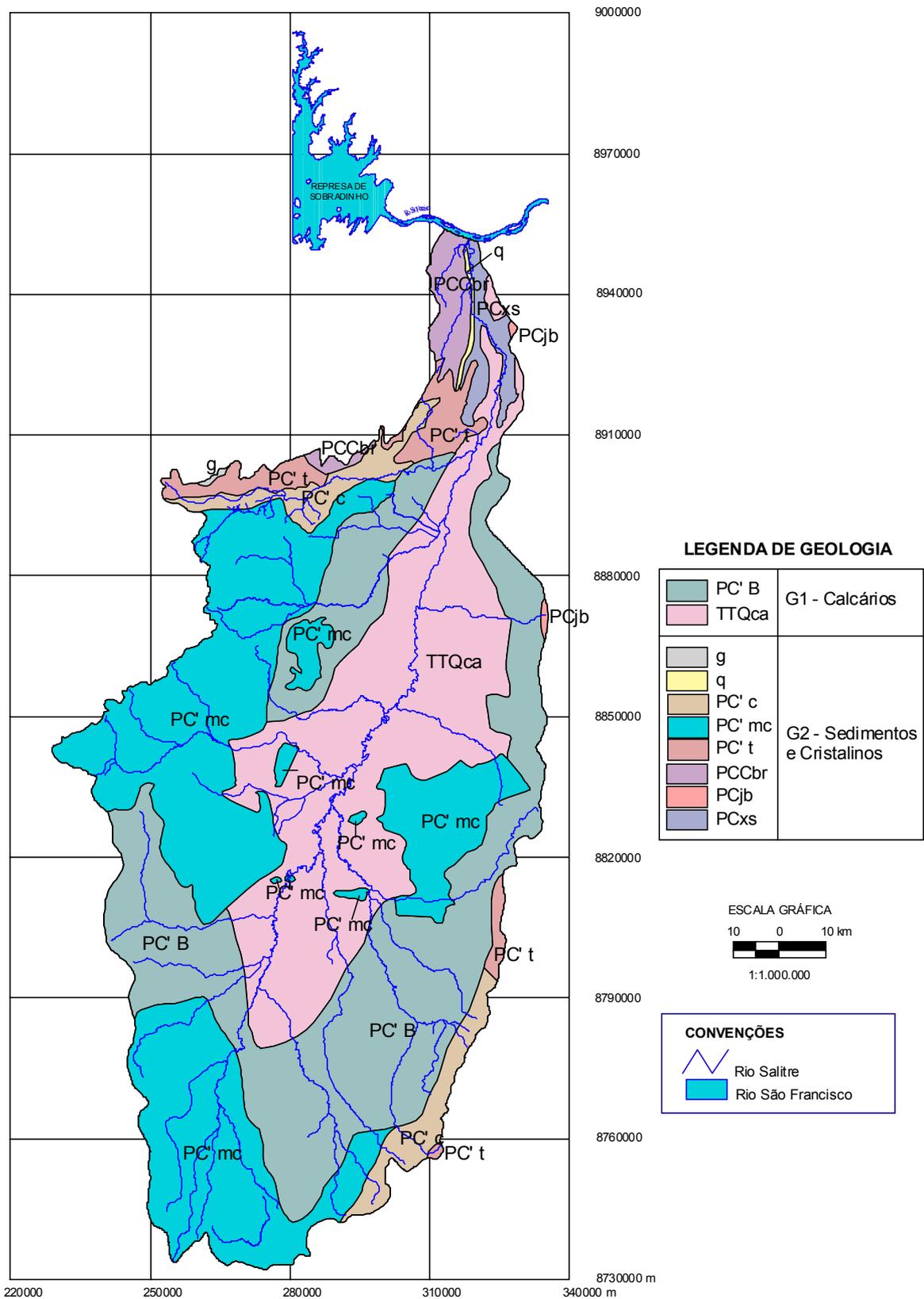


Figura 3.6. Classificação geológica da bacia hidrográfica do Salitre.

### **3.1.6. Vegetação**

Predominam na bacia do Salitre formações vegetais de Caatinga, Cerrado e Vegetações Secundárias, sendo estas situadas em altitudes mais elevadas. A vegetação Caatinga se estende por toda a bacia, evidenciando-se as espécies Imbuzeiro, Quixabeira, Aroeira, Marmeleiro, Jurema e cactáceas diversas, como Xique-Xique, Mandacaru, Facheiro, Coroa de Frade, etc. A vegetação Cerrado ocorre nas áreas areníticas-quartzíticas do Planalto Diamantina e é pouco representativa.

### **3.1.7. Declividade**

Na bacia do Salitre predomina a forma de relevo plana, com declividade média inferior a 5%, em aproximadamente 80% da área.

### **3.1.8. Saneamento**

De modo geral, o rio Salitre não recebe contribuições diretas de águas residuárias, uma vez que as principais sedes municipais, como Morro do Chapéu, Jacobina, Campo Formoso e Juazeiro, estão fora da área de abrangência da bacia. Desse modo, apresenta baixo risco de contaminação das águas por esgotos.

## **3.2. Caracterização das águas superficiais e subterrâneas**

Na bacia hidrográfica do Salitre foram coletadas amostras de água em fontes naturais; superficiais como rios, barragens, açudes, lagoas; e subterrâneas como poços tubulares, em março e dezembro de 2001, caracterizando os períodos de chuvas (PC) e sem

chuvas (PV), respectivamente. Na parte baixa do rio Salitre, a partir do distrito de Abreus (Campo Formoso) até à comunidade de Alegre (Juazeiro), foi realizado um monitoramento da qualidade das águas, cujas análises foram realizadas nos meses de abril, agosto, setembro, outubro e dezembro de 2001, e fevereiro, março e abril de 2002, totalizando oito campanhas, no único trecho do rio com escoamento superficial durante todo o ano.

Em cada município foram contatados Secretários Municipais de Agricultura que indicavam o presidente da Associação de Produtores Rurais ou outra pessoa com conhecimento da área para acompanhar a equipe. O objetivo básico foi analisar as águas, principalmente dos poços profundos contemplados no cadastro de CEI (1986), permitindo, assim, comparar a qualidade das águas das mesmas fontes hídricas, decorridos 16 anos; porém, pelo fato de grande parte não estar funcionando, ou não ter sido permitida a entrada na propriedade, partiu-se para analisar as águas das fontes que atendessem a um maior contingente populacional, sendo estas indicadas pelo representante municipal. Dos 42 poços analisados e constantes em CEI (1986), foram repetidos, em 2001, apenas 12 poços, nas seguintes localidades: Tamboril (TAMB2), Santa Mônica (SMONIC), Brejões (BREJ2), Olho D'Água Fagundes (OLHOF), Várzea Nova (VNOVA), Queimadas (FQUEIM), Santo Antônio (SANT2), Chororó (CHOROR), Balduino (BALDU), Baraúna Preta (FBPRET), Brejão da Caatinga (BCAAT) e Horto do Salitre (HORTOS).

Em 2001, em cada fonte hídrica subterrânea e superficial foram realizadas avaliações, em tempo real, da qualidade das águas, utilizando-se sondas multiparâmetros, para as variáveis: temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), oxigênio dissolvido (OD), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ -N), clorofila-a, turbidez, amônio ( $\text{NH}_4^+$ -N) e amônia livre ( $\text{NH}_3^+$ -N). Também, foram coletadas amostras de águas nestas fontes para caracterização da composição química, analisando-se as principais concentrações iônicas como cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) e ferro ( $\text{Fe}^{++}$ ). As amostras de água foram armazenadas em garrafas plásticas, com capacidade para um litro, vedadas, identificadas e devidamente acondicionadas em geladeira até o momento das análises, as quais foram realizadas no Laboratório de Solos, Água e Plantas, da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE, como recomendado por Embrapa (1997).

Nas fontes superficiais, a sonda multiparâmetro foi colocada diretamente na água, obtendo-se em alguns pontos, dados em diferentes profundidades, isto é, caracterizando o perfil da água no reservatório, constando, neste trabalho, valores médios

de cada fonte. As amostras de água foram coletadas diretamente nas fontes superficiais; no caso das águas subterrâneas, como os poços são vedados, a análise da água com a sonda e as coletas das amostras ocorreram bombeando-se a água diretamente do poço, uma vez que, normalmente, a água é bombeada para uma caixa elevatória e daí, por gravidade, fornece água para um chafariz.

Alguns poços profundos analisados no período das chuvas (ICO1, CVELHO, CARATIU, MIRANGA e TIQUA5) estavam temporariamente sem funcionar no período sem chuvas (PV); no entanto, atendendo solicitações dos usuários das respectivas comunidades foram incluídos nesta avaliação outros poços (FSBENE, ONÇA, SALINAS, SACO1, BARRET2, GALEGO, FBPRET1, TAQUA), também representativos do ponto de vista de atender a um maior número de famílias. Quatro das fontes superficiais encontravam-se totalmente sem água no período sem chuvas (BREJ1, DENI1, AIFINAL, JUNCO1).

As fontes hídricas superficiais e subterrâneas foram georeferenciadas, permitindo a elaboração de mapas temáticos para as diferentes classes de água superficiais e subterrâneas e principais compostos com potencial de poluição das águas, utilizando-se o sistema de informação ArcView 3.2. Foram caracterizadas quanto aos usos preponderantes da água, capacidade de armazenamento, uso da terra, além de coletadas informações sobre vazão e profundidade dos poços tubulares, por meio dos responsáveis administrativos por estas fontes hídricas, ou por alguém da própria comunidade.

### **3.2.1. Índices de Qualidade das Águas**

Para melhor descrição e compreensão das inter-relações entre os fatores naturais e antrópicos com os indicadores de qualidade das águas, e considerando as diferentes características físicas relacionadas aos aspectos climáticos, edáficos, geológicos, sócio-econômicos e de uso dos solos, a bacia hidrográfica do Salitre foi subdividida em cinco sub-bacias, as quais foram caracterizadas identificando-se os efeitos das atividades antrópicas sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a partir dos índices de qualidade das águas. Foram determinados índices de qualidade das águas relacionados aos

riscos de salinidade e sodicidade aos solos, toxicidade às culturas pela presença de cloretos, dureza total e índice de corrosividade.

Para avaliar a qualidade da água para uso na irrigação quanto aos riscos de salinidade ao solo e aos aquíferos, têm sido propostas diversas metodologias; a mais recomendada e usada universalmente é a do U.S. Salinity Laboratory Staff, desenvolvida por Richards em 1954 (Bernardo, 1989), que classifica as águas com base na condutividade elétrica (CE) como parâmetro indicador do risco de salinidade do solo e da água e a razão de adsorção de sódio (RAS) associada ao perigo de promover a alcalinidade e sodicidade do solo. Outra é a metodologia da FAO, que além destes parâmetros, analisa, também, seus efeitos sobre a planta, permeabilidade/infiltração da água do solo, toxicidade às culturas e excesso de nutrientes (Ayers e Westcot, 1991). A RAS ( $\text{mmol L}^{-1/2}$ ) é determinada pela equação:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (1)$$

Ayers e Westcot (1991) apresentam diretrizes para auxiliar na interpretação dos resultados nas análises da água de irrigação com diferentes graus de restrições de uso em função dos problemas que a salinidade das águas pode causar ao solo e às plantas. Essas diretrizes servirão de base no desenvolvimento do trabalho de classificação das águas da bacia hidrográfica do Salitre.

A maioria das classificações de água de irrigação não considera os íons cloretos separadamente, tendo em vista seu efeito ser estudado juntamente com a condutividade elétrica; no entanto, Pizarro (1978) apresenta uma metodologia para avaliar os riscos de altas concentrações de cloretos nas águas utilizadas para irrigação, em relação aos demais íons presentes, denominada de porcentagem de cloretos (CIP), classificando as águas em excelente:  $CIP < 4,0 \%$ ; boa:  $4 < CIP < 7 \%$ ; média:  $7 < CIP < 12 \%$ ; má:  $12 < CIP < 20 \%$ ; e inútil:  $CIP > 20\%$ . O CIP (%) é definido pela equação:

$$CIP = \frac{(Cl^- + NO_3^-)}{CO_3^{=} + HCO_3^- + SO_4^{=} + Cl^- + NO_3^-} 100 \quad (2)$$

Para avaliar a dureza total (DT) das águas, foi utilizada a metodologia recomendada em Logan (1965) e em Rodríguez e Covas (2001), expressa em miligramas por litro de carbonato de cálcio ( $mg L^{-1}$  de  $CaCO_3$ ), quando as concentrações de cálcio e de magnésio são determinadas em miligramas por litro ( $mg L^{-1}$ ), (equação 3). Quando as unidades destes elementos são determinadas em milimols por litro ( $mmol_c L^{-1}$ ), para se obter a DT em  $mg L^{-1}$  de  $CaCO_3$ , pode-se utilizar a equação 4:

$$DT = Ca^{++} \frac{Ca^{++} CO_3^{=}}{Ca^{++}} + Mg^{++} \frac{Ca^{++} CO_3^{=}}{Mg^{++}} = Ca^{++} \frac{100}{40} + Mg^{++} \frac{100}{24} = 2,5Ca^{++} + 4,17Mg^{++} \quad (3)$$

$$DT = (Ca^{++} + Mg^{++}) * 50 \quad (4)$$

Na literatura existem diversas metodologias de classificação da dureza das águas. Logan (1965) classifica as águas quanto à dureza como: brandas:  $DT < 100$ ; intermediárias:  $100 < DT < 200$  e duras:  $DT > 200 mg L^{-1}$  de  $CaCO_3$ . Custódio e Llamas (1983), citados por Santos (1997), classificam-nas como brandas:  $DT < 50$ ; intermediárias:  $50 < DT < 100$ ; duras:  $100 < DT < 200$  e muito duras:  $DT > 200 mg L^{-1}$  de  $CaCO_3$ .

Problemas relacionados a corrosões e incrustações em tubulações de distribuição de água podem ser avaliados pelo Índice de Larson (IL), como recomendado por Porto (1991) e Cavalcanti e Borges (2000), o qual avalia a corrosividade das águas naturais considerando não somente os teores de cloretos e sulfatos das águas, como, também, correlacionando-os com a alcalinidade total ( $mg L^{-1}$ ), ou seja, teores de carbonatos e bicarbonatos, conforme equação (5). Segundo Porto (1991), águas com IL em torno de  $0,1 mg L^{-1}$  não têm tendências corrosivas na faixa de pH entre 7 e 8.

$$IL = \frac{(Cl^- + SO_4^{--})}{AlcalinidadeTotal} \quad (5)$$

### **3.2.2. Classificação Geoquímica das Águas Superficiais e Subterrâneas**

Para classificar as águas superficiais e subterrâneas da bacia do Salitre quanto à concentração iônica, foi utilizada a metodologia apresentada por Manoel Filho (1972), baseada no princípio de que um íon é dominante quando sua concentração química ultrapassa 25% da soma dos demais íons monovalentes, seja ânion ou cátion. Esta metodologia permite o enquadramento das águas em classes distintas em função dos ânions e cátions presentes na solução e suas combinações.

### **3.2.3. Parâmetros Físico-químicos dos Solos e dos Sedimentos**

Foram coletadas amostras compostas de solos, principalmente nas áreas irrigadas e de sedimentos em 19 fontes hídricas superficiais, utilizando-se coletor de sedimentos, para caracterização físico-química, incluindo metais pesados nos sedimentos, uma vez que estes interferem na qualidade das águas e nos sistemas aquáticos. As amostras de solos e sedimentos foram armazenadas em vasilhas plásticas, acondicionadas a baixas temperaturas e enviadas para análise no Laboratório de Solos do Instituto Agronômico de Campinas-IAC, em Campinas-SP, de acordo com Raij *et al.* (2001).

Os parâmetros avaliados tanto nas amostras de sedimentos quanto nas de solos foram matéria orgânica (M.O.), pH, fósforo total ( $P_T^{+++}$ ), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{++}$ ), magnésio ( $Mg^{++}$ ) e alumínio ( $Al^{+++}$ ) trocáveis, soma de bases (S.B.), capacidade de troca de cátions (C.T.C), porcentagem de saturação de bases (V%), boro ( $B^+$ ), ferro ( $Fe^{++}$ ) e alguns metais pesados como cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni) e chumbo (Pb), nos períodos de chuvas e sem chuvas.

Quanto aos riscos de sodicidade dos solos, Richards (1954), citado por Bernardo (1989), classifica os solos em função da CE do extrato de saturação do solo ( $CE_s$ ), do pH e da relação entre o sódio e os demais cátions adsorvidos, denominada de porcentagem de sódio trocável (PST). Pizarro (1978) classifica os solos em função da PST em não sódicos:  $PST < 7\%$ ; ligeiramente sódicos:  $7 < PST < 10\%$ ; mediamente sódicos:  $11 < PST < 20\%$ ; fortemente sódicos:  $21 < PST < 30\%$  e excessivamente sódicos:  $PST > 30\%$ . A PST é determinada pela equação:

$$PST = \frac{Na^+}{(Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+ + H^+ + Al^{+++})} 100 \quad (6)$$

### **3.3. Análises Estatísticas**

As análises estatísticas das variáveis de qualidade das águas superficiais e subterrâneas envolveram vários procedimentos, incluindo-se as análises univariadas, visando determinar valores máximos, mínimos e médios, coeficiente de variação, desvio padrão, verificar suas inter-relações, pela análise de correlação entre algumas variáveis, nos períodos das chuvas (PC) e sem chuvas (PV).

#### **3.3.1. Classificação das Fontes Hídricas Utilizando Análise Multivariada**

As fontes hídricas superficiais e subterrâneas foram classificadas utilizando-se procedimentos de análise multivariada, envolvendo análise fatorial em componentes principais e de agrupamento, em função dos períodos analisados, visando auxiliar na definição de medidas de gestão dos recursos hídricos.

A análise fatorial em componentes principais é um procedimento estatístico, cujo principal objetivo é ordenar e reduzir o número de variáveis em subgrupos menores,

correlacionadas entre si, denominados de fatores ou componentes principais, de forma a poder explicar a maior variabilidade possível do conjunto de dados (Andrade, 1989). Por meio dos fatores principais, é possível selecionar aquelas variáveis de maior participação em cada fator e definir as que deverão ser monitoradas, reduzindo-se, assim, os custos com análises de variáveis de menor importância no conjunto das variáveis que define a qualidade das águas.

Os fatores ou componentes principais ( $F_i$ ) são independentes, ou seja, ortogonais, determinados a partir de uma transformação linear das variáveis iniciais  $X_i$ , de acordo com o seguinte modelo matemático (Andrade, 1989):

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ik}F_k + e_i \quad (7)$$

Cada uma das "k" variáveis observadas é descrita linearmente em termos das "k" componentes não correlacionadas ( $F_i$ ); " $a_{ik}$ " são os pesos ou cargas fatoriais que compõem a combinação linear e são determinados considerando duas condições: a) as variáveis  $F_i$  sejam ortogonais; b) as variáveis  $F_i$  sejam calculadas de forma que o primeiro fator  $F_1$  ou primeira componente principal, explique a maior parcela da variação total das variáveis ( $X_i$ ); o segundo fator ( $F_2$ ) explique a segunda maior parcela e, assim, sucessivamente; " $e_i$ " corresponde ao erro (Bouroche e Saporta, 1980; Andrade, 1989).

As cargas fatoriais expressam os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e seus respectivos fatores, enquanto a comunalidade final, obtida a partir do somatório dos quadrados das cargas fatoriais ( $a_{ik}$ ), representa a proporção da variação de cada variável envolvida nos fatores definidos nas análises. Em cada fator as variáveis mais representativas são aquelas cujas cargas fatoriais são maiores, e deve ser superior a 0,30; quando a carga fatorial apresenta sinal negativo (-), significa influência negativa desta variável no fator (Bouroche e Saporta, 1980; Andrade, 1989).

A análise de agrupamento compreende técnicas e algoritmos iterativos, cujo objetivo é classificar "objetos" em grupos de acordo com seu grau de similaridade ou de dissimilaridade. Neste estudo, os "objetos" são representados pelas fontes hídricas superficiais e subterrâneas, e os pontos monitorados na parte baixa do rio Salitre.

As análises de qualidade das águas foram realizadas em períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV), possibilitando identificar a variação, ou não, da classe da fonte hídrica entre os períodos. A não observância da mudança da classe implicará na redução da frequência de análises durante o monitoramento, como, também, possibilitará a definição de medidas de recuperação/manutenção da qualidade das águas em função da classe, resultando na redução dos custos finais nos programas de gestão das águas.

Normalmente, para medir o grau de dissimilaridade entre “objetos”, utilizam-se medidas de distância. A distância euclidiana ( $d_{ab}$ ) é a mais utilizada em estudos de agrupamento, sendo  $X_a$  e  $X_b$  as variáveis; “p” corresponde ao número de coordenadas envolvidas, neste caso, as fontes hídricas. A distância ( $d_{ab}$ ), segundo Bussab *et al.* (1990), é representada pela expressão:

$$d_{(a,b)} = \left[ \sum_{j=1}^p \frac{(X_{i(a)} - X_{i(b)})^2}{p} \right]^{1/2} \quad (8)$$

Na análise de agrupamento foi utilizado o método Ward, para maximizar a inércia entre os diferentes grupos (Andrade, 1989; Bussab *et al.*, 1990). Este método de agregação consiste em considerar inicialmente cada observação como sendo uma “classe”. Para decidir se duas classes irão formar uma classe maior, examina-se a maior inércia entre as classes. O agrupamento será considerado ótimo quando existir máxima distância ou heterogeneidade entre as classes, o que equivale à mínima distância intraclasses (Asensio, 1989, citado por Holanda Júnior, 2000).

Para aplicação dos métodos estatísticos, inicialmente foram construídas matrizes contendo na primeira coluna os diferentes pontos de coleta das águas superficiais, subterrâneas e pontos monitorados no baixo Salitre, nas linhas as respectivamente variáveis, analisadas nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV).

Como as variáveis de qualidade das águas possuem grandezas não comparáveis, para utilização dos procedimentos de análise multivariada, foi necessária a padronização das variáveis, gerando assim, novas matrizes ( $z_i$ ), cujas variáveis têm variância unitária (Bouroche e Saporta, 1980; Andrade, 1989), obtida pela equação:

$$Z_i = \frac{x_x - x_{im}}{S_i} \quad (9)$$

em que:

$x_i$  = valor da variável  $i$ ;

$x_{im}$  = valor médio da variável  $i$ ;

$s_i$  = erro padrão da variável  $i$ .

Em todas as análises foi utilizado o pacote Statistic Analysis System (SAS), disponibilizado para a Embrapa.

Nas fontes hídricas subterrâneas, referentes aos dados de qualidade das águas de 1984 (SUB-84), foi utilizado o conjunto de dados correspondendo a 12 poços profundos, cujas informações estão contidas em CEI (1986), contendo as seguintes variáveis: pH, CE, SDT,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{=}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ -N e  $Fe^{++}$ . Nas análises realizadas em 2001, nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01), foram incluídos outros poços, num total de 61, e também variáveis como T, OD,  $NH_4^+$ -N e determinados parâmetros como a RAS e DT, compondo 17 variáveis, permitindo efetuar comparações da qualidade das águas, decorridos 16 anos.

Nas fontes hídricas superficiais, foram aplicados os mesmos procedimentos, analisando-se as águas de barragens/açudes – condições lóxicas e dos rios/riachos – lânticas, separadamente, nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01), num total de 33 fontes, formando o banco de dados constituído por 17 variáveis. Estes procedimentos também foram aplicados aos dados do monitoramento da qualidade das águas realizado na parte baixa do rio Salitre, único trecho com escoamento superficial na maior parte do ano.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados da qualidade das águas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre serão apresentados e discutidos quanto aos aspectos qualitativos, identificando-se, em nível de sub-bacias hidrográficas, os impactos das atividades agrícolas e outras ações antrópicas sobre os recursos hídricos. As variáveis de qualidade das águas e as fontes hídricas serão priorizadas e classificadas utilizando-se análise fatorial em componentes principais e de agrupamento ou cluster.

### **4.1. Impactos das Atividades Agrícolas na Qualidade das Águas**

A qualidade das águas de uma bacia hidrográfica é influenciada por fatores naturais como clima, solos, geologia e fatores antrópicos como as atividades agrícolas, pecuárias, minerais, etc., bem como pelas interações e transformações que compõem estes sistemas. Para melhor compreensão de como esses processos interagem e causam impactos sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre, a mesma foi dividida em cinco sub-bacias. Neste processo, levou-se em consideração suas diferentes características e os tipos de uso dos solos, principalmente relacionados à irrigação e a outras atividades antrópicas que possam afetar a qualidade das águas (Figura 4.7 e Tabela 4.2).

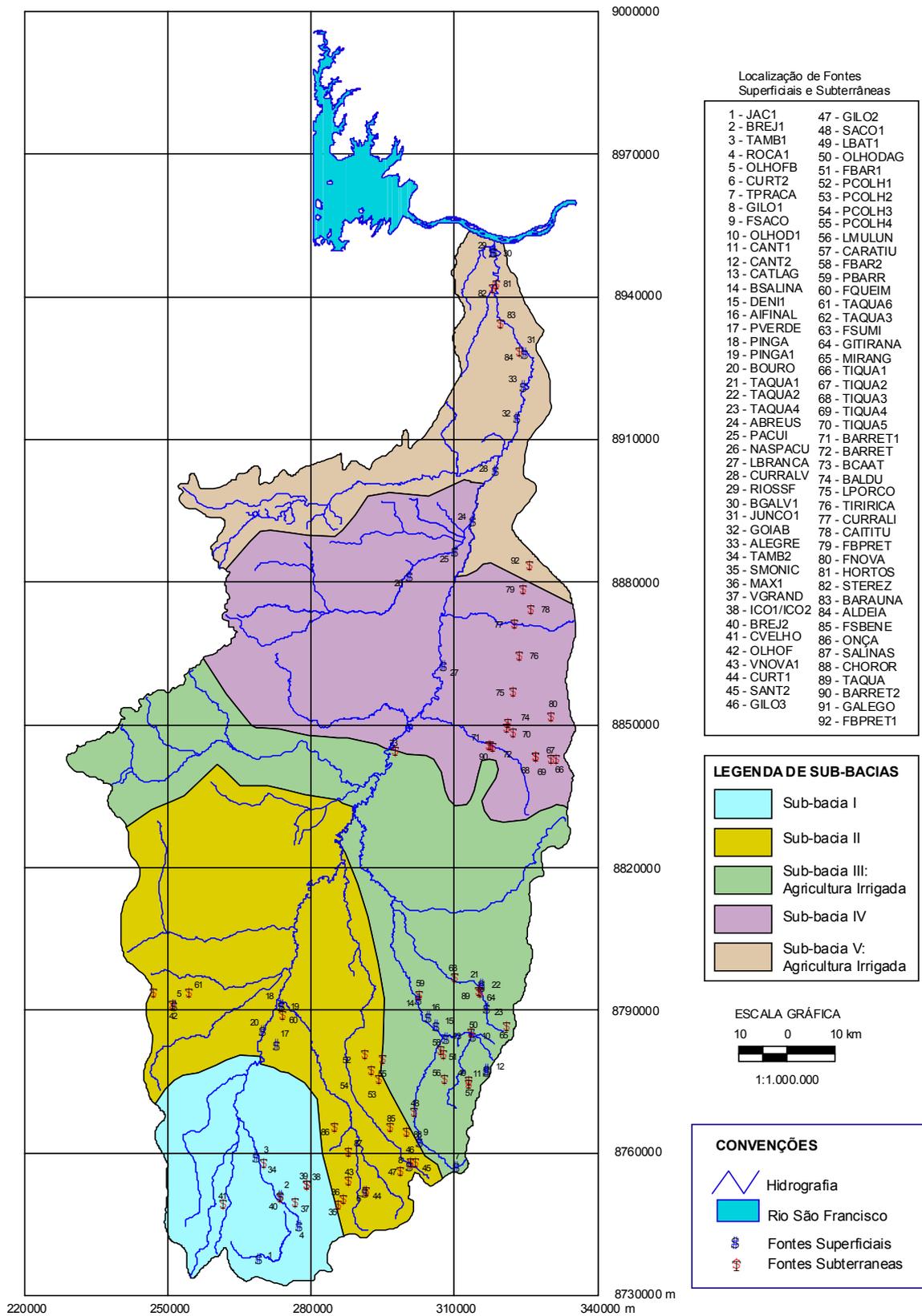


Figura 4.7. Fontes hídricas superficiais e subterrâneas da bacia do Salitre em função da subdivisão em microbacias.

Tabela 4.2. Parâmetros de solos, geologia e qualidade geoquímica das águas das fontes superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre por sub-bacias.

Nº. Mapa	Código*	Fonte Hídrica	Solo	Geologia***	Hidroquímica
<b>Sub-Bacia I</b>					
1	JAC1	Rio	Cambissolo eutrófico - Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	-
2	BREJ1**	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	-
3	TAMB1	B****	Cambissolo eutródico -Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	Bicarbonato Cloreto Sódio
4	ROCA1	T****	Latossolo Vermelho - LV	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	Bicarbonato Cloreto Sódio
34	TAMB2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	Bicarbonato Cloreto Cálcio Sódio
37	VGRAND	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
38	ICO2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
39	ICÓ1**	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	-
40	BREJ2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Sódio
41	CVELH**	Poço	Latossolo Vermelho - LV	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	-
<b>Sub-Bacia II</b>					
5	OLHOFB	L****	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Sódio
6	CURT2	T	Latossolo Vermelho - LV	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' mc	Bicarbonato Cálcio Magnésio
8	GILO1	B	Latossolo Vermelho - LV	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC' c	Bicarbonato Cloreto Sódio
17	PVERDE	FN***	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G1)-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
18	PINGA	FN	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G1)-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
19	PINGA1	FN	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G1)-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
20	BOURO	B	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Caatinga (G1)-TTQca	Cloreto Magnésio Sódio

Continua

Continuação

Nº.	Código*	Fonte Hídrica	Solo	Geologia***	Hidroquímica
35	SMONIC	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC'mc	Bicarbonato Cloreto Cálcio Sódio
36	MAX1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
42	OLHOF	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC'mc	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
43	VNOVA1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC'mc	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
44	CURT1	Poço	Latossolo Vermelho - LV	C.Diamantina (G <sub>2</sub> ) - PC'mc	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
45	SANT2	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
46	GILO3	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
47	GILO2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
52	PCOLH1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
53	PCOLH2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Sódio
54	PCOLH3	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
60	PBARR	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Magnésio Sódio
61	FQUEIM	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
62	GITIRAN	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
85	FSBENE	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
86	ONÇA	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
87	SALINAS	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
88	CHOROR	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Magnésio Sódio
<b>Sub-Bacia III</b>					
7	TPRAÇA	B	Litólico - R	C.Diamantina (G <sub>2</sub> )-PC't	Cloreto Sódio
9	FSACO	B	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
10	OLHOD1	B	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Sulfato Cálcio Magnésio Sódio
11	CANT1	F.N.	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio

Continua

Continuação

Nº. Mapa	Código*	Fonte Hídrica	Solo	Geologia***	Hidroquímica
12	CANT2	FN	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cloreto Magnésio Sódio
13	CATLAG	L	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
14	BSALINA	B	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
15	DENI1**	AI	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	-
16	AIFINAL**	AI	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	-
21	TAQUA1	Rio	Litólico - R	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> )-PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
22	TAQUA2	Rio	Litólico - R	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
23	TAQUA4	B	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Sódio
48	SACO1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
49	LBAT1	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
50	OLHDAG	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
51	FBAR1	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
55	PCOLH4	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
56	LMULU	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
57	CARAT**	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
58	FBAR2	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
59	FSUMI	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
63	TAQUA	Poço	Litólico - R	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
64	TAQUA3	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
65	MIRANG**	Poço	Latossolo Vermelho - LV	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	-
89	TAQUA6	Poço	Litólico - R	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
25	PACUÍ	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio
26	NASPAC	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio

Continua

Continuação

Nº. Mapa	Código*	Fonte Hídrica	Solo	Geologia***	Hidroquímica
27	LBRANCA	L	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
66	TIQUA1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
<b>Sub-Bacia IV</b>					
67	TIQUA2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
68	TIQUA3	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
69	TIQUA4	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
70	TIQUA5**	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	-
71	BARRET1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
72	BARRET	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Magnésio
73	BCAAT	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
74	BALDU	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
75	LPORCO	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
76	TIRIRICA	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
77	CURRALI	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
78	CAITITU	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
79	FBPRET	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
80	FNOVA	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
90	BARRET2	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
91	GALEGO	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio
<b>Sub-Bacia V</b>					
24	ABREUS	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
28	CURRALV	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
29	RIOSF	Rio	Planossolo - PL	g (G <sub>2</sub> )	Bicarbonato Cálcio Magnésio Sódio

Continua

Continuação

Nº. Mapa	Código*	Fonte Hídrica	Solo	Geologia***	Hidroquímica
30	BGALV1	B	Planossolo - PL	g (G2)	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
31	JUNCO1**	Rio	Bruno não Cálcico	PCjb (G2)	-
32	GOIAB	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
33	ALEGRE	Rio	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Caatinga (G <sub>1</sub> )-TTQca	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
81	HORTOS	Poço	Vertissolo - V	PCC'Br (G2) - Cristalino	Cloreto Magnésio Sódio
82	STEREZ2	Poço	Vertissolo - V	PCC'Br (G2) - Cristalino	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
83	BARAUNA	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	PCcx (G2) - Cristalino	Cloreto Cálcio Magnésio Sódio
84	ALDEIA	Poço	Bruno não Cálcico	PCcx (G2) - Cristalino	Bicarbonato Cloreto Magnésio
92	FBPRET1	Poço	Cambissolo eutródico -Ce	Calcário Bambuí (G <sub>1</sub> ) - PC'B	Bicarbonato Cloreto Cálcio Magnésio

\*A seqüência de 1-33 refere-se às fontes hídricas superficiais; de 34-92 às fontes hídricas subterrâneas. \*\*Não havia água neste período.

\*\*\*PC'mc = Pré-Cambriano Morro do Chapéu; PC'B = Pré-Cambriano Bambuí; PC'c = Pré-Cambriano Caboclo; PC't = Pré-Cambriano Tombador;

TTQca = Quaternário/Terciário Calcário Caatinga; g = Granito; PCjb = Pré-Cambriano Jacobina; PCC'Br = Pré-Cambriano Cabrobó; PC'cx = Pré-Cambriano Salitre

\*\*\*\* B = Barragem/açude; L = Lagoa; T= Tanque; FN=Fonte natural; AI = área irrigada.

As principais características e os valores das variáveis analisadas nas fontes hídricas subterrâneas e superficiais referentes aos períodos sem chuvas de 1984 contidos em CEI (1986), períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, constam nas Tabelas 7.1, 7.2a, b, c e 7.3a, b, c, (Anexo), os quais permitiram realizar comparações entre as variáveis de qualidade das águas para as mesmas fontes, decorridos 16 anos para as fontes subterrâneas.

#### **4.1.1. Sub-bacia Hidrográfica I**

A sub-bacia hidrográfica I tem como principal área de drenagem o próprio rio Salitre, embora pequenos riachos como o Jacarezinho (JAC1), componham suas nascentes. Localiza-se na parte sul da bacia do Salitre, cobrindo parte dos municípios de Morro do Chapéu e Várzea Nova; porém, as fontes hídricas analisadas que fazem parte desta sub-bacia encontram-se no primeiro município. Conforme Figura 3.4, ocorrem nesta sub-bacia as mais elevadas precipitações pluviométricas médias anuais (700 - 800 mm) e as mais baixas taxas evapotranspirométricas médias anuais (1000 - 1100 mm), proporcionando déficit de umidade no solo durante a maior parte do ano, à semelhança de outras regiões semi-áridas, tornando a agricultura dependente de chuva uma atividade de risco, embora sejam exploradas culturas de subsistência, sisal, forrageiras, entre outras. Predomina nesta área a pecuária bovina, com uma densidade populacional, no município de Morro do Chapéu, de 5,66 cab. km<sup>-2</sup>, enquanto a caprina e ovina, correspondem, respectivamente, a 1,68 e 0,81 cab. km<sup>-2</sup> (FIBGE, 1996) (Tabela 7.4 - Anexo).

Os solos que constituem esta sub-bacia são dos tipos Latossolos Vermelho Amarelo (LV), Cambissolos (Ce) e pequenas manchas de Litólicos (R), que se caracterizam por serem bem drenados, textura franco-argilosa, rasos a moderadamente profundos, com tendências a alcalinidade na maior parte da área; os Cambissolos são os melhores solos da bacia para o desenvolvimento da agricultura (Figura 3.5).

A partir dos resultados das características físicas e químicas analisadas em áreas representativas desta sub-bacia, observam-se situações bastante diferenciadas. Na área de abrangência do riacho Jacarezinho (JAC1), uma das nascentes do rio Salitre, os solos são arenosos (areia = 76%), ácidos (pH = 4,2), baixas fertilidade e capacidade de

saturação de bases ( $V = 27\%$ ), (Tabelas 4.3 e 4.4), que, se explorados com culturas de maior rentabilidade econômica, necessitarão da aplicação de corretivos à base de cálcio para correção do pH até próximo da neutralidade, uma vez que, em condições de solos ácidos, os elementos Al, Fe e Mn são solúveis, podendo, desta forma, permanecer no solo ou ser transportado pelas águas para as fontes hídricas (Brady, 1979).

Porém, os solos da fonte BREJ1 apresentam tendência à alcalinidade ( $\text{pH} = 7,6$ ), elevados teores de cálcio e magnésio e alta saturação de bases ( $V = 98\%$ ), embora o teor de fósforo seja baixo. O cálcio, além de nutriente essencial ao desenvolvimento das plantas, tem também a função de corrigir o pH dos solos, neutralizar a toxicidade de alguns elementos (Al, Mn, Na e Mg) e reduzir a relação de adsorção de sódio (RAS), tanto da água de irrigação quanto do solo, contribuindo para uma melhor agregação de suas partículas (Primavesi, 1988; Ayers e Westcot, 1991). Na fonte CVELHO, no período das chuvas, a RAS foi igual a  $10,89 \text{ mmol L}^{-1/2}$ , devido ao elevado teor de sódio da água ( $\text{Na} = 43,91 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ).

Nesta sub-bacia, as concentrações de metais pesados analisadas nestes solos não apresentam, no momento, riscos de contaminação dos recursos hídricos, de acordo com valores críticos apresentados por Kabata-Pendias (1994), citados por Ramalho *et al.* (1999), embora elevados valores de manganês e de ferro tenham sido obtidos em todas as sub-bacias e em ambos períodos nos sedimentos, como também altas concentrações de Cu, Zn, Cd, Cr (Tabelas 4.5 e 4.6), quando comparados aos limites recomendados pelo CONAMA para água de consumo humano (CONAMA, 1986) (Tabela 7.5 - Anexo), estando sua origem relacionada com as características geológicas da área da bacia.

Segundo Mozeto (2001), contaminantes tóxicos presentes nos sedimentos dos rios, lagos, áreas alagáveis e corpos de água têm potencial de desencadear degradação ambiental continuada, mesmo nos casos em que a coluna d'água não apresente concentrações desses elementos acima das previstas na legislação vigente de qualidade da água, ou seja, estejam dentro de critérios aceitáveis. Esses elementos tóxicos podem causar impactos negativos à qualidade da água e à biota, mesmo após a interrupção da descarga de efluentes nos corpos receptores.

Quanto aos aspectos geológicos, as fontes hídricas analisadas nesta sub-bacia localizam-se proporcionalmente tanto nas Formações Chapada Diamantina (PC' mc), cujas águas apresentam-se de melhor qualidade, quanto nos Calcário Bambuí (PC'B), em que as águas apresentam-se com valores de salinidade e dureza total mais elevados. De

Tabela 4.3. Resultados das análises físicas dos solos da bacia hidrográfica do Salitre.

Município	Código	Granulometria (%)			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Umidade (%)	
		Areia	Silte	Argila	Real	Aparente	CC	PMP
M. Chapéu	JAC1	76	11	13	2,57	1,32	11,30	6,09
Jacobina	OLHOD	54	35	11	2,47	1,08	27,12	12,67
Jacobina	DENI1D	48	36	17	2,49	1,11	28,81	16,55
Jacobina	DENIA	50	33	17	2,39	1,08	30,90	18,96
Jacobina	LBAT1	62	19	19	2,49	1,30	22,30	11,18
Ourolândia	PVERDE	75	13	12	2,64	1,47	14,91	7,20
Mirangaba	TAQUA5	83	12	5	2,54	1,29	10,75	5,19
Mirangaba	TAQUA1	72	15	13	2,59	1,28	12,01	6,38
Mirangaba	TAQUA	63	16	21	2,55	1,36	14,16	8,76
C. Formoso	BCAAT	42	51	7	2,35	0,90	56,07	24,59
C. Formoso	BCAATS	69	16	15	2,53	1,41	16,87	8,11
C. Formoso	BARRET	70	26	4	2,58	1,19	17,24	8,25
C. Formoso	PACUI	41	28	31	2,58	1,21	26,17	15,7
Juazeiro	STEREZ1	51	38	11	2,60	1,29	22,29	17,84
Juazeiro	STERSAL	63	34	3	2,54	1,45	16,17	5,26
Juazeiro	BGALV1	31	50	19	2,56	1,29	20,11	11,34
Juazeiro	GOIAB	55	35	10	2,37	1,02	27,83	15,58

Tabela 4.4. Resultados das análises químicas dos solos de áreas representativas da bacia hidrográfica do Salitre no período das chuvas.

Município	Código	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	pH	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca	Mg	H+Al ------(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )-----	S.B.	C.T.C.	V (%)
M. Chapéu	JAC1	21	4,2	5	2,8	11	4	47	17,8	64,8	27
M. Chapéu	BREJ1	22	7,6	8	2,4	229	90	7	321	328,5	98
M. Calmon	TPRAÇA	35	4,1	6	1,6	18	7	80	26,6	106,1	25
Jacobina	DENI1	31	8,0	86	5,9	228	50	6	284	290,3	98
Jacobina	LBAT1	45	4,2	10	1,6	12	6	88	19,6	108	18
Ourolândia	PVERDE	18	6,8	69	6,1	56	13	12	75,1	87,1	86
Mirangaba	TAQUA5	18	8,2	76	6,7	199	54	5	260	264,8	98
C.Formoso	BCAAT	52	7,8	85	3,3	442	61	7	506	513,4	99
C.Formoso	BCAATS	18	7,2	140	10	91	15	10	116	125,7	92
C.Formoso	BARRET	16	7,5	14	5,9	91	10	9	107	115,6	92
C.Formoso	PACUI	16	6,9	26	5	107	10	12	122	134	91

Tabela 4.5. Teores de metais pesados nos solos da bacia do Salitre no período das chuvas.

Município	Código	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni
------(mg dm <sup>-3</sup> )-----									
M. Chapéu	JAC1	0,58	< 0,1	103	7,6	1,3	0,06	0,06	0,04
M. Chapéu	BREJ1	14,66	0,5	102	36,4	8,6	0,05	0,06	0,12
V.Nova	TPRAÇA	0,78	0,1	142	5,1	3,5	0,08	0,11	0,07
Jacobina	DENI1	2,1	1,3	19	20,1	2,4	0,11	0,06	0,51
Jacobina	LBAT1	0,54	0,2	204	5,2	1,7	0,1	0,13	< 0,01
Ourolândia	PVERDE	0,35	1,4	10	74	5,5	0,14	0,13	0,68
Mirangaba	TAQUA5	1,93	1	16	31,1	3	0,07	0,13	0,35
C.Formoso	BCAAT	1,46	1,8	55	31,9	2,7	0,03	< 0,01	1,05
C.Formoso	BCAATS	0,45	1,5	15	37,3	3,2	0,1	0,12	0,79
C.Formoso	BARRET	0,38	1,3	7	32,9	1,3	0,07	0,08	0,27
C.Formoso	PACUI	0,37	4,4	8	56,1	1,3	0,05	0,09	0,27

Tabela 4.6. Teores de metais pesados nos sedimentos coletados na bacia do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.

Código	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----								
Período das chuvas (PC)									
JAC1	0,2	< 0,1	127	1,9	0,5	0,11	0,1	< 0,01	-
TAMB1	0,7	2,8	48	141	2,7	0,08	0	0,77	-
OLHOFB	0,2	0,7	48	13	1,5	0,05	0,1	0,14	-
GILO1	0,5	2,8	72	56	2,4	0,04	0	0,3	-
FSACO	0,7	5	550	19	3,3	0,25	< 0,01	0,82	-
TPRAÇA	0,5	0,8	281	4,5	0,8	0,14	< 0,01	< 0,01	-
CANT1	0,1	< 0,1	94	0,8	0,1	0,05	0,1	< 0,01	-
CANT2	0,5	0,3	382	1,8	0,9	0,17	0	0,09	-
CATLAG	7,9	1,8	156	36	2,8	0,09	< 0,01	1,07	-
BSALINA	0,4	1	7	33	0,6	0,02	0	1,01	-
DENI1	0,6	6,6	70	70	3,5	0,09	< 0,01	0,54	-
PVERDE	0,4	1	50	64	2,1	0,08	< 0,01	0,28	-
BOURO	0,8	1,6	59	65	2	0,06	0,1	0,55	-
TAQUA1	0,3	3,4	179	85	67,4	0,24	< 0,01	2,1	-
ABREUS	0,3	2,3	64	150	2,2	0,03	0	1,1	-
PACUI	16	2,2	49	46	2,4	0,05	0,1	0,53	-
NASPAC	0,2	0,5	19	11	1,7	0,05	0,1	0,12	-
LBRANCA	0,4	6	78	88	1,4	0,06	0,1	2,44	-
CURRALV	0,5	3,3	199	37	3,1	0,09	< 0,01	1,25	-
GOIAB	0,2	4,5	116	70	13,8	0,05	< 0,01	0,63	-
BGALI	0,3	3	102	89	6,9	0,04	0	0,56	-
RIOSSF	0,2	2	188	51	11,3	0,07	< 0,01	0,83	-
Período sem chuvas (PV)									
JAC1	0,27	< 0,7	286	1,1	0,9	0,19	0,27	< 0,01	< 0,01
TAMB1	0,72	1,8	32	40,2	0,4	< 0,01	0,02	0,46	2,13

Continua

Código	Continuação								
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
Período sem chuvas (PV)									
OLHOFB	0,61	3,0	228	67,8	2,9	0,12	0,09	0,43	1,29
GILO1	0,65	7,1	54	75	2,5	0,05	<0,01	0,56	1,82
FSACO	0,51	1,7	132	11,3	1,1	0,09	0,1	0,14	1,4
TPRAÇA	0,59	0,5	320	8,9	4,5	0,09	< 0,01	< 0,01	2,58
CANT1	0,16	0,3	104	0,6	6,6	<0,01	0,07	0,14	1,4
CANT2	0,45	<0,1	490	<0,1	0,1	0,21	0,15	<0,01	0,2
CATLAG	2,96	2,2	206	52,8	3,8	0,14	0,16	1,4	2,91
BSALINA	0,54	0,6	82	31,1	0,7	0,12	0,03	0,51	0,76
DENI1	0,46	5,3	21	4,6	0,4	0,02	0,08	0,43	5,04
PVERDE	0,67	1,9	121	18,3	5,0	0,08	< 0,01	1,03	3,05
PINGA	0,17	0,2	27	15,9	0,8	0,02	0,1	0,06	2,72
BOURO	0,92	2,2	135	39,1	20,9	0,03	0,13	0,36	2,1
TAQUA1	0,57	4,7	218	58,6	9,4	0,23	0,16	6,75	3,22
ABREUS	0,14	2,5	94	57,4	1,7	0,08	0,07	0,99	3,16
NASPAC	0,11	3,2	130	47,2	3,2	0,1	0,08	0,7	2,86
LBRANCA	0,93	11,3	267	227,7	14,6	0,16	0,24	4,42	6,3
GOIAB	0,5	3,3	224	64,3	3,7	0,07	0,07	1,96	2,49
BGALI	0,24	8	87	38,7	1,7	0,05	0,09	0,49	1,96
RIOSSF	0,23	1,9	179	59,2	1,8	0,1	0,2	0,62	2,21

modo geral, não foram observadas variações significativas entre os índices de qualidade das águas analisados nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV), tanto para as fontes superficiais quanto para as subterrâneas (Tabela 4.7 e Figura 3.6).

No riacho Jacarezinho (JAC1), foram obtidos baixos valores de pH da água (pH = 3,58 e 4,80) nos períodos analisados, caracterizando acidez elevada, da mesma forma que os solos, observando-se, assim, sua influência na qualidade das águas. Águas ácidas, quando utilizadas para consumo doméstico, proporcionam problemas como pele seca, cinzenta, coceira e manchas, embora, no momento, estas águas não estivessem sendo utilizadas. As águas do poço BREJ2 também apresentaram baixos valores de pH (pH = 5,35 e 5,4), podendo estar relacionados também às condições naturais. Nas demais fontes hídricas, os valores de pH estão na faixa de normalidade para usos diversos, independente do período analisado (Tabelas 7.2 b, c; 7.3 b, c - Anexo).

Elevados valores de SDT (2.390,0; 5.370,0 mg L<sup>-1</sup>), DT (829,5; 1.624,2 mg L<sup>-1</sup>) e CIP (82,16%; 93,13%) foram obtidos nas fontes BREJ1 e CVELHO no período das chuvas e, de modo geral, não ocorreram variações significativas entre os períodos analisados. Estes indicadores de qualidade das águas estão relacionados às condições naturais, considerando-se que a atividade agrícola praticada nesta sub-bacia apresenta baixo potencial de degradação dos recursos hídricos.

#### **4.1.2. Sub-bacia Hidrográfica II**

A sub-bacia hidrográfica II tem como dreno principal o rio Salitre, contemplando também pequenos riachos. Localiza-se na parte central-sul, cobrindo parte dos municípios de Morro do Chapéu, Várzea Nova, Miguel Calmon e Ouro-lândia. Nesta sub-bacia, ocorrem precipitações pluviométricas e taxas de evapotranspiração médias anuais semelhantes à sub-bacia I (Figura 3.4). As principais atividades agropecuárias desenvolvidas estão relacionadas às culturas de subsistência, sisal, forrageiras, entre outras, predominando a pecuária bovina, em relação às demais (FIBGE, 1996) (Anexo – Tabela 7.4).

Tabela 4.7. Índices de qualidade das águas superficiais e subterrâneas por sub-bacias hidrográficas, determinados em 1984 e nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.

No. Mapa	Código	SDT (mg L <sup>-1</sup> )			RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>			DT (mg L <sup>-1</sup> )			CIP (%)			I.L. (mg L <sup>-1</sup> )		
		PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01
<b>Sub-Bacia I</b>																
1***	JAC1	-	100,0	49,0	-	1,50	1,30	-	19,99	20,00	-	73,00	68,85	-	2,72	1,95
2	BREJ1*	-	2390,0	-	-	4,86	-	-	829,5	-	-	82,16	-	-	5,03	-
3	TAMB1	-	507,0	698,0	-	2,55	9,52	-	234,86	104,9	-	49,83	69,22	-	0,80	1,25
4	ROCA1	-	398,0	114,0	-	5,95	2,12	-	64,95	25,0	-	37,34	73,54	-	0,42	0,38
34	TAMB2	904,0	820,0	817,0	1,62	2,02	6,71	451,20	444,83	104,94	45,59	42,37	63,62	1,03	0,65	0,91
37	VGRAND	-	1220,0	1052,0	-	3,85	5,23	-	494,87	355,0	-	50,31	83,14	-	0,96	2,98
38	ICO1*	-	60,0	-	-	2,12	-	-	269,82	-	-	70,14	-	-	4,19	-
39	ICO2	-	770,0	635,0	-	2,94	2,32	-	314,76	264,9	-	70,56	88,88	-	5,12	4,99
40	BREJ2	2394,0	90,0	105,0	3,49	1,31	3,51	926,87	44,97	19,99	69,29	87,48	82,56	3,45	6,63	2,68
41	CVELHO*	-	5370,0	-	-	10,89	-	-	1624,2	-	-	93,13	-	-	14,68	-
<b>Sub-Bacia II</b>																
5	OLHOFB	-	60,0	314,0	-	0,53	3,65	-	29,98	55,0	-	32,81	93,85	-	0,40	2,20
6	CURT2	-	770,0	54,0	-	0,16	0,19	-	69,96	35,0	-	41,03	93,20	-	0,20	0,16
8	GILO1	-	228,0	430,0	-	0,20	1,82	-	159,9	70,0	-	11,66	80,26	-	0,08	0,21
17	PVERDE	-	890,0	952,0	-	1,56	1,18	-	519,91	530,0	-	46,61	66,58	-	0,91	0,97
35	SMONIC	-	100,0	133,0	-	0,73	1,65	-	29,98	44,98	-	58,43	77,89	-	0,97	0,96
36	MAX1	-	1090,0	1065,0	-	2,20	2,96	-	544,64	464,8	-	80,48	88,57	-	5,70	4,32
42	OLHOF	1390,0	1140,0	1124,0	2,43	2,58	3,07	715,2	589,85	474,4	49,02	45,49	63,52	1,15	0,84	0,91

Continua

Continuação																
No.	Código	SDT (mg L <sup>-1</sup> )			RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>			DT (mg L <sup>-1</sup> )			CIP (%)			I.L. (mg L <sup>-1</sup> )		
		Mapa	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01
43	VNOVA1	1440,0	610,0	649,0	3,02	1,57	1,83	486,5	344,89	275,0	88,20	45,47	56,90	11,12	0,79	0,72
44	CURT1		2580,0	1777,0		3,63	3,19		1229,8	695,15		67,72	82,95		2,40	2,82
45	SANT2		260,0	1101,0		0,65	2,03		169,92	564,9		29,60	84,04		0,50	2,75
46	GILO3	2172,0	260,0	256,0	3,11	0,55	0,84	659,14	179,9	169,98	82,13	23,69	69,12	4,23	0,33	0,14
47	GILO2	-	640,0	759,0	-	1,34	1,53	-	419,86	360,06	-	48,70	78,12	-	1,06	1,48
52	PCOLH1	-	1800,0	2071,0	-	2,00	4,20	-	1004,4	1069,6	-	71,89	78,71	-	2,91	2,16
53	PCOLH2	-	1340,0	2239,0	-	2,68	4,37	-	959,18	1024,4	-	76,92	91,05	-	3,41	6,04
54	PCOLH3	-	2050,0	2029,0	-	2,58	4,47	-	954,57	959,81	-	75,82	93,47	-	3,01	9,90
60	PBARR	-	1080,0	625,0	-	5,29	4,88	-	159,94	190,02	-	22,00	55,93	-	0,60	0,34
61	FQUEIM	848,0	1050,0	1028,0	0,65	2,87	3,08	623,8	529,9	455,0	30,17	45,22	57,00	0,46	0,95	0,59
62	GITIRAN	-	1050,0	1055,0	-	2,41	1,72	-	469,8	524,8	-	53,39	62,23	-	1,19	0,79
85	FSBENE	-	-	2105,0	-	-	3,56	-	-	915,0	-	-	88,41	-	-	5,52
86	ONÇA	-	-	1644,0	-	-	0,29	-	-	904,6	-	-	85,54	-	-	3,62
87	SALINAS	-	-	3101,0	-	-	4,24	-	-	1459,6	-	-	94,59	-	-	12,7
88	CHOROR	6248,0	2470,0	2073,0	5,04	4,22	5,07	2453,4	959,8	775,2	87,48	82,44	79,78	8,27	6,33	2,31
<b>Sub-Bacia III</b>																
7	TPRAÇA	-	175,0	283,0	-	4,40	7,94	-	24,98	25,0	-	73,49	94,88	-	2,74	5,38
9	FSACO	-	99,00	221,0	-	0,30	0,89	-	49,97	60,0	-	22,69	78,26	-	0,18	0,27
10	OLHOD1	-	230,0	271,0	-	1,17	1,83	-	29,98	120,0	-	57,77	69,76	-	2,93	0,64
11	CANT1	-	30,0	30,0	-	0,57	0,65	-	34,99	20,0	-	74,77	76,33	-	2,19	0,80
12	CANT2	-	50,0	53,0	-	1,08	0,96	-	14,99	20,0	-	67,01	59,91	-	1,65	0,75
13	CATLAG	-	1868,0	5046,0	-	3,70	2,15	-	849,75	2999,6	-	66,21	46,95	-	2,04	0,53
14	BSALINA	-	923,0	1317,0	-	2,69	3,90	-	459,84	610,0	-	53,78	84,06	-	1,05	3,37

Continua

Continuação																
No.	Código	SDT (mg L <sup>-1</sup> )			RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>			DT (mg L <sup>-1</sup> )			CIP (%)			I.L. (mg L <sup>-1</sup> )		
		Mapa	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01
15	DENI1*	-	1063,0	-	-	2,95	-	-	494,90	-	-	49,36	-	-	0,93	-
16	AIFINAL*	-	1031,0	-	-	2,99	-	-	499,98	-	-	59,29	-	-	1,43	-
18	PINGA	-	654,0	664,0	-	1,35	1,00	-	279,96	344,9	-	46,91	50,60	-	0,97	0,44
19	PINGA1	-	690,0	694,0	-	1,32	0,48	-	314,91	355,0	-	54,05	64,28	-	1,37	0,70
20	BOURO	-	1854,0	2199,0	-	4,04	4,87	-	759,79	865,3	-	74,64	80,84	-	2,05	2,17
21	TAQUA1	-	280,0	271,0	-	0,54	0,05	-	204,90	200,0	-	20,11	29,69	-	0,16	0,19
22	TAQUA2	-	126,0	56,0	-	1,07	0,51	-	59,97	65,0	-	55,91	25,43	-	1,29	2,13
23	TAQUA4	-	64,0	301,0	-	1,34	0,62	-	14,99	215,0	-	64,66	26,26	-	1,77	0,15
48	SACO1	-	-	190,0	-	-	0,52	-	-	124,99	-	-	71,54	-	-	0,13
49	LBAT1	-	40,0	45,0	-	0,98	0,60	-	24,98	20,00	-	74,65	77,66	-	2,19	0,49
50	OLHDAG	-	230,0	215,0	-	0,53	0,45	-	154,85	165,03	-	22,00	47,89	-	0,22	0,20
51	FBAR1	-	240,0	241,0	-	0,52	0,54	-	174,92	204,98	-	15,87	58,62	-	0,21	0,38
55	PCOLH4	-	1080,0	1879,0	-	3,41	3,42	-	464,91	874,61	-	47,08	93,83	-	1,12	10,8
56	LMULUM	2836,0	240,0	301,0	5,54	0,65	0,89	1000,0	149,93	155,00	63,09	23,84	88,96	3,35	0,31	0,39
57	CARATIU*	-	50,0	-	-	1,04	-	-	24,98	-	-	66,65	-	-	1,27	-
58	FBAR2	-	430,0	399,0	-	1,71	1,79	-	239,90	169,98	-	25,19	45,80	-	0,54	0,19
59	FSUMI	-	2050,0	1922,0	-	3,85	6,29	-	839,9	789,83	-	77,08	82,58	-	4,06	3,07
63	TAQUA	-	-	286,0	-	-	1,72	-	-	124,96	-	-	27,02	-	-	0,18
64	TAQUA3	-	300,0	627,0	-	0,59	2,85	-	199,91	224,97	-	39,74	58,74	-	0,40	0,83
65	MIRANG*	-	150,0	-	-	0,76	-	-	94,94	-	-	21,21	-	-	0,33	-
89	TAQUA6	-	710,0	640,0	-	2,18	1,95	-	364,87	385,05	-	51,09	62,18	-	1,14	0,93
<b>Sub-Bacia IV</b>																
25	PACUÍ	-	405,0	394,0	-	0,44	0,05	-	299,91	295,0	-	16,61	66,67	-	0,21	0,22
26	NASPACU	-	379,0	380,0	-	0,41	0,64	-	284,9	170,0	-	14,23	41,42	-	0,18	0,16

Continua

Continuação

No.	Código	SDT (mg L <sup>-1</sup> )			RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>			DT (mg L <sup>-1</sup> )			CIP (%)			I.L. (mg L <sup>-1</sup> )		
		Mapa	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01
27	LBRANCA	-	771,0	7940,0	-	2,34	25,28	-	364,79	850,1	-	84,60	97,51	-	5,59	23,15
66	TIQUA1	-	620,0	714,0	-	2,27	3,36	-	324,00	220,01	-	39,30	58,97	-	0,95	0,72
67	TIQUA2	-	1870,0	2283,0	-	4,17	6,38	-	744,74	760,07	-	69,06	80,41	-	4,11	2,90
68	TIQUA3	-	830,0	960,0	-	2,71	3,14	-	419,92	319,98	-	47,81	52,28	-	1,39	0,67
69	TIQUA4	-	1060,0	1082,0	-	2,99	2,50	-	474,91	490,1	-	39,39	61,99	-	0,76	1,08
70	TIQUA5*	-	1410,0	-	-	2,93	-	-	614,84	-	-	56,25	-	-	1,57	-
71	BARRET1	-	4730,0	5060,0	-	2,40	3,34	-	2717,8	2913,9	-	86,76	93,20	-	8,97	10,19
72	BARRET	-	1300,0	1360,0	-	3,82	3,51	-	549,93	565,20	-	57,97	71,34	-	1,43	1,63
73	BCAAT	1026,0	370,0	359,0	1,44	2,13	1,91	489,17	164,93	155,01	49,18	24,58	47,99	0,99	0,23	0,26
74	BALDU	1560,0	1400,0	1353,0	2,27	3,58	2,79	730,80	444,94	545,11	46,34	62,00	79,20	1,29	2,43	2,51
75	LPORCO	-	1180,0	1328,0	-	3,65	0,04	-	459,93	590,15	-	47,20	76,82	-	1,12	1,28
76	TIRIRICA	-	670,0	675,0	-	1,39	0,50	-	339,94	355,05	-	33,90	70,63	-	0,95	0,67
77	CURRALI	-	950,0	822,0	-	1,82	1,43	-	589,94	580,23	-	26,82	55,98	-	0,44	0,46
78	CAITITU	-	930,0	927,0	-	1,59	0,01	-	354,93	380,06	-	46,17	70,28	-	1,32	0,73
79	FBPRET	670,0	710,0	710,0	0,57	1,02	0,61	481,22	369,93	425,12	19,94	33,49	49,52	0,24	0,68	0,23
80	FNOVA	-	1350,0	1369,0	-	3,35	3,30	-	544,92	610,16	-	56,64	75,76	-	1,56	1,25
90	BARRET2	-	-	3201,0	-	-	0,03	-	-	1814,	-	-	93,38	-	-	2,16
91	GALEGO	-	-	1904,0	-	-	3,45	-	-	760,2	-	-	67,48	-	-	1,35
<b>Sub-Bacia V</b>																
24	ABREUS	-	40,0	0,10	-	0,46	285,1	-	289,9	285,1	-	16,32	74,12	-	0,20	0,48
28	CURRALV	-	410,0	483,0	-	0,51	0,73	-	289,9	300,1	-	17,99	38,55	-	0,22	0,27
29	RIOSF	-	70,0	53,0	-	0,54	0,28	-	44,96	50,0	-	33,44	58,12	-	0,51	0,16
30	BGALV1	-	190,0	237,0	-	0,84	0,70	-	99,93	140,0	-	42,17	71,27	-	1,23	1,48

Continua

Continuação

No. Mapa	Código	SDT (mg L <sup>-1</sup> )			RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>			DT (mg L <sup>-1</sup> )			CIP (%)			I.L. (mg L <sup>-1</sup> )		
		PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01	PV84**	PC01	PV01
31	JUNCO1*	-	660,0	-	-	1,68	-	-	374,8	-	-	40,11	-	-	0,68	-
32	GOIAB	-	498,0	564,0	-	0,62	0,98	-	329,8	300,0	-	44,16	52,21	-	0,80	0,47
33	ALEGRE	-	627,0	778,0	-	1,29	2,20	-	379,8	355,0	-	36,58	61,35	-	0,56	0,96
81	HORTOS	2096,0	1880,0	1714,0	4,18	3,57	5,26	786,6	869,4	680,2	49,73	62,63	74,06	5,38	1,78	2,16
82	STEREZ2	-	3130,0	3570,0	-	2,48	4,23	-	1754,	1875,	-	80,64	92,78	-	4,05	13,13
83	BARAUN	-	1720,0	1851,0	-	1,96	2,60	-	1029,	1044,	-	57,45	75,29	-	1,39	2,44
84	ALDEIA	-	1190,0	1444,0	-	2,90	5,14	-	619,6	520,1	-	36,52	69,39	-	0,53	1,66
92	FBPRET1	-	-	568,0	-	-	0,74	-	-	365,1	-	-	71,66	-	-	0,30

Classificação geral das águas para uso na irrigação (%)

Fontes hídricas	Classe	PV84	PV01	PV01
Superficiais	C <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	-	35	35
Subterrâneas	C <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	93,33	75,47	78,57

\*Não havia água neste período; \*\* Apenas para algumas fontes subterrâneas havia dados de 1984; A seqüência de 1-33 refere-se às fontes hídricas superficiais; de 34-92 às fontes hídricas subterrâneas.

Predominam nesta sub-bacia os solos tipos Cambissolos (Ce), seguidos pelos Latossolos Vermelho Amarelo (LV). Os Cambissolos se caracterizam por serem bem drenados, textura franco-argilosa, rasos a moderadamente profundos, com tendências à alcalinidade na maior parte da área (Figura 3.5).

As fontes hídricas localizam-se predominantemente nas formações de Calcários Bambuí (PC'B) e Caatinga (TTQca). Como discutido, as águas apresentam elevados valores de  $\text{HCO}_3$ , Ca, Mg, Cl, Na, refletindo na salinidade das mesmas e nos demais parâmetros analisados, considerando-se que a atividade agrícola praticada na região é de subsistência e, assim, apresenta baixo potencial de degradação dos recursos hídricos nesta sub-bacia (Tabela 4.2 e Figura 4.7).

Nas fontes superficiais, de modo geral, não ocorreram variações nos parâmetros analisados entre os períodos, embora a maioria tenha apresentado altos valores para os indicadores analisados, de forma semelhante às demais sub-bacias, como observado na Tabela 4.7. Nas fontes subterrâneas, observou-se o mesmo comportamento dos resultados obtidos entre os períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, porém, quando comparados aos resultados de 1984, nas fontes SMONIC, OLHOF, GILO3 e CHOROR, ocorreram reduções dos SDT, DT e CIP e, em algumas fontes, nos valores da RAS. Estas variações podem estar associadas ao aumento do consumo de água.

Nesta sub-bacia, as concentrações de metais pesados nos solos da fonte PVERDE não apresentam riscos de contaminação dos recursos hídricos, de acordo com valores críticos apresentados por Kabata-Pendias (1994), citados por Ramalho *et al.*, (1999); porém, elevados valores foram obtidos nos sedimentos, com máximos de  $\text{Zn} = 20,9 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{Pb} = 2,1 \text{ mg dm}^{-3}$  para barragem (BOURO) e na fonte natural PVERDE,  $\text{Zn} = 0,8 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $\text{Pb} = 2,72 \text{ mg dm}^{-3}$ , cujos objetivos são atender às comunidades ribeirinhas e da sede do município, respectivamente (Tabelas 4.5 e 4.6).

#### **4.1.3. Sub-bacia Hidrográfica III**

A sub-bacia hidrográfica III tem como principais áreas de drenagem os riachos Caatinga do Moura, em Jacobina, e riacho Preto, no distrito de Taquarandi (Mirangaba), e localiza-se a sudeste da bacia do Salitre. As precipitações pluviométricas

médias anuais nesta região estão nas isoietas de 500 - 800 mm, com elevadas taxas evapotranspirométricas médias anuais (1100 mm), semelhante às demais sub-bacias (Figura 3.4).

Quanto ao uso dos solos, esta sub-bacia é considerada como grande centro produtor de hortifrutícolas, cultivando, principalmente, cebola, tomate, feijão, milho, forrageira, por meio da prática da irrigação, além de concentrar as maiores densidades populacionais de animais bovinos nos municípios de Jacobina e Mirangaba, correspondendo a, respectivamente, 17,85 e 10,20 cab. km<sup>-2</sup> (FIBGE, 1996), apresentando, assim, maiores riscos de comprometer a qualidade das águas, em relação às demais sub-bacias (Tabela 7.4 - Anexo).

Os solos que constituem esta sub-bacia são dos tipos Cambissolos (Ce) e Latossolos Vermelho amarelo (LV) (Figura 3.5). A partir dos resultados das características físicas e químicas analisadas nas áreas DENI1, TAQUA e TAQUA5, observaram-se solos arenoso-argilosos, alcalinos (pH > 8,0), porém, com elevados teores de matéria orgânica, fósforo e saturação de bases (V = 98%), fundamentais para sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Mielniczuk, 1999). Altos valores de saturação de bases (V%) estão associados à formação dos solos da região, em que se observa a predominância de íons de cálcio (Ca = 228 e 199 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), considerada alta a partir de 7,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Os teores de fósforo total variaram de médio a muito alto, quando comparados com as classes apresentadas por Muzilli *et al.* (1990). No período das chuvas nas áreas irrigadas de Caatinga do Moura (DENI1) e de Taquarandi (TAQUA1) os teores de fósforo foram de P = 86 e P = 190 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Quanto à presença de metais pesados nos solos, os resultados obtidos demonstram baixos valores, que, à semelhança das demais sub-bacias, não apresentam, no momento, riscos de contaminação (Tabelas 4.4 e 4.5).

Nos sedimentos coletados nas fontes hídricas superficiais, os resultados dos metais pesados apresentam-se bastante significativos quando comparados com os limites máximos recomendados para água de consumo humano pelo CONAMA (1986) (Tabela 7.5 - Anexo). Nas fontes DENI1 e TAQUA foram obtidos, no período das chuvas, elevados valores para cobre (6,6; 3,4 mg dm<sup>-3</sup>), zinco (3,5; 67,4 mg dm<sup>-3</sup>), níquel (0,54; 2,1 mg dm<sup>-3</sup>) e cádmio (0,02; 0,16 mg dm<sup>-3</sup>), respectivamente. No período sem chuvas, os teores de chumbo foram 5,04; 3,22 mg dm<sup>-3</sup>, muito tóxicos para a maioria dos seres vivos. Estes e outros elementos semelhantes quanto à toxicidade fazem parte da composição química de vários insumos utilizados nos sistemas agrícolas, como fertilizantes, corretivos

de solos, agrotóxicos e até mesmo esterco de curral, muito utilizado na agricultura como adubo orgânico, contendo, em média 15-250 mg kg<sup>-1</sup> de zinco (Amaral Sobrinho *et al.*, 1992). Os metais pesados são classificados como potencialmente tóxicos e facilmente encontrados nos ambientes aquáticos (Wuertz e Mergeay, 1997). Nesta, e nas demais sub-bacias, os riscos de contaminação ambiental aumentam considerando-se a falta de critérios quanto ao manejo da água de irrigação e uso de agroquímicos (Tabela 4.6).

Amaral Sobrinho *et al.* (1992) avaliaram os teores de metais pesados em fertilizantes e corretivos enriquecidos com zinco e concluíram que estes produtos possuem níveis baixos de metais pesados; no entanto, usados continua e indiscriminadamente poderão acarretar problemas graves de contaminação ambiental, principalmente por cádmio, chumbo e zinco.

Quanto aos aspectos geológicos, as fontes hídricas analisadas nesta sub-bacia localizam-se nas Formações Calcário Bambuí (PC'B), com exceção da fonte TPRAÇA, que se encontra sobre rochas do grupo Chapada Diamantina (PC't) (Tabela 4.2 e Figura 3.6).

Segundo Manoel Filho (1997), as formações calcárias dão origem ao calcário e calcário dolomítico, este se originando a partir da dissolução da calcita. Na presença de água pura a calcita é praticamente insolúvel; no entanto, a água dissolve o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente no ar ou no solo, torna-se levemente ácida e forma o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que, assim, dissolve a calcita e dá origem ao bicarbonato de cálcio e de magnésio (dolomita), muito solúvel; daí a predominância dos íons bicarbonatos, cálcio e magnésio não só nesta, como em toda a bacia do Salitre. Nas condições de calcário dolomítico, ocorre aumento na porosidade e permeabilidade do meio, pois a dolomita ocupa cerca de 13% menos espaço que a calcita, formando fraturas verticais, muito comuns nesta e em outras sub-bacias, comumente denominadas pela comunidade de sumidouros ou “engrunações”.

As águas desta sub-bacia se caracterizam pela predominância do íon HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre Cl<sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, apresentando grande variabilidade nos teores de SDT (30,0 a 5.046 mg L<sup>-1</sup>) e DT (20,0 a 2.999,6 mg L<sup>-1</sup>) no período sem chuvas, para as fontes superficiais CANT1 e CATLAG, respectivamente. No contexto das águas subterrâneas, os valores mais elevados para esses índices foram alcançados no período das chuvas no poço FSUMI (SDT = 2.050,0 mg L<sup>-1</sup>; DT= 839,90 mg L<sup>-1</sup>) (Tabela 4.7).

Nesta sub-bacia observaram-se problemas relacionados tanto com a quantidade como com a qualidade das águas, gerando conflitos constantes e perdas na produção agrícola. A água utilizada para irrigação é proveniente de alguns poços jorrantes localizados no leito do riacho Caatinga do Moura e da barragem OLHOD1. Entre estas fontes hídricas e as parcelas irrigadas DENI1 e AIFINAL, localiza-se a lagoa CATLAG que funciona como um ponto de carreamento dos resíduos gerados nesta área e, assim, a água apresenta baixa qualidade. As últimas fontes analisadas na seqüência foram a barragem BSALINA e o poço FSUMI.

Nesta região foram obtidos aumentos significativos nos valores de pH, à medida que se afasta da fonte de origem, ou seja, no período das chuvas, as águas da barragem OLHOD1 e do poço OLHDAG apresentaram pH = 6,35 e 7,44; na parcela irrigada DENI1, apresentou pH = 7,98 e, na parcela irrigada final (AIFINAL) apresentou pH = 8,30; estes aumentos estão relacionados à atividade agrícola. De modo geral, não ocorreram variações significativas nas demais variáveis analisadas entre os períodos de chuvas e sem chuvas (Tabelas 7.2b, c; 7.3b, c - Anexo).

Analisando os índices de qualidade das águas das barragens OLHOD1 e BSALINA, pontos extremos desta área, observam-se aumentos significativos nos valores dos SDT (271,0; 1.317,0 mg L<sup>-1</sup>), RAS (1,83; 3,90 mmol L<sup>-1/2</sup>), DT (120,0; 610,0 mg L<sup>-1</sup>) no período sem chuvas, considerado crítico com relação à disponibilidade de água, tanto que nas parcelas DENI1 e AIFINAL não havia água para irrigar. No período das chuvas a água nestas parcelas apresentou maior salinidade do que a da barragem BSALINA. De maneira semelhante, entre os poços OLHDAG e FSUMI estes aumentos também foram significativos (Tabela 4.7).

No contexto da qualidade da água para uso na irrigação, os riscos de as águas promoverem a salinidade dos solos tornam-se maiores quando os valores da condutividade elétrica da água (CE<sub>A</sub>) são maiores que 0,7 dS m<sup>-1</sup> (≈ SDT > 450 mg L<sup>-1</sup>) e do extrato de saturação dos solos (CE<sub>S</sub>) maior que 4,0 dS m<sup>-1</sup> (≈ SDT > 2.500,0 mg L<sup>-1</sup>). Os riscos de sodicidade dos solos advindos dos elevados níveis de sódio na água de irrigação são mais severos quando RAS > 15 mmol L<sup>-1/2</sup> (Ayers e Westcot, 1991).

Na região de Caatinga do Moura, estes riscos são maiores pelo fato de o solo ser pesado (50% de silte e argila), conter alto teor de matéria orgânica (31 g dm<sup>-3</sup>) e apresentar drenagem deficiente, com sinais evidentes de salinização (Figura 4.8). Também, o método de irrigação por sulcos contribui para elevar a salinidade, uma vez que este se

caracteriza por apresentar baixas frequências de irrigação e altas lâminas de água aplicadas, proporcionando maior dispersão dos sais, tanto no sentido vertical como no horizontal. Esta situação se torna mais grave por não existirem recomendações técnicas sobre como manejar adequadamente os fatores solo-água, sendo critério de cada irrigante. Resultados das análises de solos realizadas indicam a presença de solos sódicos (OLHOD); salino-sódicos (DENI1D) e salinos (DENI1). Nestas parcelas os valores da  $CE_s$  foram altos ( $CE_s = 8,54; 17,88 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Tabela 4.8).

Tendo em vista os problemas de salinidade e de sodicidade dos solos nesta área, em 1996, a CODEVASF implementou um projeto de drenagem superficial. Atualmente, os drenos estão totalmente assoreados, sendo utilizados como canais de irrigação, não atendendo aos objetivos propostos.

Problemas de salinidade e sodicidade também foram observados na região de Taquarandi (Mirangaba). A partir dos resultados das análises de solos realizadas em áreas irrigadas, estes foram caracterizados como normais (TAQUA1, TAQUA) e salino-sódicos (TAQUA5), embora, nesta área, tenha sido implementada pelo governo estadual, em parceria com outras instituições, uma unidade piloto de recuperação dos solos salinos (Tabela 4.8, Figura 4.8).

Como pode ser observado nas Tabelas 4.2 e 4.8, os solos das áreas irrigadas que já apresentam problemas de salinidade são dos tipos Cambissolos (DENI, AIFINAL, CURRALV, GOIAB e ALEGRE), Litólicos (TAQUA, TAQUA1 e TAQUA2) e Vertissolos (HORTOS e STEREZ). Segundo Leprun (1983), águas classificadas quanto a salinidade acima de  $C_2S_2$  não devem ser utilizadas em solos pesados, como os acima citados, com exceção dos Latossolos e Areias Quartzozas, os quais são mais permeáveis. Isto, porque esses solos são ricos em cátions trocáveis, que, quando irrigados com águas mais salinas promovem sua salinidade; portanto, nestas condições, faz-se necessário um manejo adequado do sistema solo-água, até mesmo com a aplicação de lâminas de lixiviação, visando reduzir os riscos de salinidade dos solos.

Tendo em vista os elevados teores de cloretos nas águas de toda a bacia do Salitre, os riscos de toxicidade às culturas, representados pelos percentuais de cloretos (CIP), também foram avaliados. Tanto as fontes superficiais quanto as subterrâneas apresentaram altos percentuais de cloretos (CIP) nas fontes TPRAÇA (73,49; 94,88%), CANT1 (74,77; 76,33%), DENI1 (49,36%; não havia água), PCOLH4 (47,08; 93,83%) nos períodos de chuvas e sem chuvas, respectivamente (Tabela 4.7). Águas de irrigação com

Tabela 4.8. Classificação dos solos da bacia do Salitre no período sem chuvas quanto aos riscos de salinidade e sodicidade.

Município	Código	CE <sub>s</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	pH	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K -----	Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )-----	Mg	Na	H+Al	PST (%)	Classes <sup>***</sup> Salinidade
M. Chapéu	JAC1	0,53	5,9	16,7	3,0	0,33	1,3	1,1	0,02	3,46	0,32	Normais
Jacobina	OLHOD*	1,38	8,7	23,9	8,0	0,29	4,8	4,9	2,73	0,00	21,46	Sódicos
Jacobina	DENI1D	8,54	8,3	31,8	28,0	1,13	12,0	3,7	3,14	0,00	15,72	Salino-sódicos
Jacobina	DENI1	17,88	8,2	34,4	35,0	1,80	12,8	8,8	0,35	0,00	1,47	Salinos
Jacobina	LBAT1*	0,45	5,4	31,4	6,0	0,25	1,0	0,9	0,98	6,75	9,92	Normais
Ourolândia	PVERDE	0,93	8,7	12,5	83,0	0,87	7,0	2,7	0,27	0,00	2,49	Normais
Mirangaba	TAQUA5	10,2	9,1	11,4	79,0	0,22	3,4	3,1	3,04	0,00	31,15	Salino-sódicos
Mirangaba	TAQUA1	0,62	8,7	11,0	75,0	0,85	3,7	2,4	0,04	0,00	0,57	Normais
Mirangaba	TAQUA*	1,09	7,5	6,8	14,0	1,07	2,7	2,2	0,16	0,00	2,61	Normais
C. Formoso	BCAAT	43,1	7,8	36,9	7,0	0,92	11,5	24,8	3,56	0,00	8,73	Salinos
C. Formoso	BCAATS*	0,42	8,4	25,0	115,0	1,01	8,0	2,4	0,35	0,00	2,98	Normais
C. Formoso	BARRET1*	31,4	7,6	17,2	17,0	1,13	17,3	7,3	3,06	0,00	10,63	Salinos
C. Formoso	PACUI	0,28	8,1	18,8	27,0	1,17	11,3	2,7	0,07	0,00	0,46	Normais
Juazeiro	STEREZ1**	0,47	7,2	13,3	29,0	0,89	8,2	5,7	3,06	0,00	17,14	Sódicos
Juazeiro	STERESAL**	25,0	7,2	6,3	45,0	0,89	6,2	10,8	0,91	0,00	4,84	Salinos
Juazeiro	BGALV1	1,09	8,2	16,1	13,0	0,66	11,9	4,0	2,80	0,00	14,46	Salinos
Juazeiro	GOIAB	6,93	8,5	29,9	3,0	0,57	7,1	7,4	0,08	0,00	0,53	Salinos

\*Área do poço; \*\*STEREZ1=Solo natural, STERESAL=Solo que recebe o rejeito do dessalinizador; \*\*\* Conforme Bohn *et al.* (1985) citado por Queiroz *et al.* (1997).



Figura 4.8. Áreas salinizadas: (a) área irrigada na região de Caatinga do Moura; (b) leito seco do rio Salitre; (c) área irrigada , cultivada com a cultura do mamão e (d) área em processo de recuperação dos solos salinos

valores de CIP > 12% podem provocar toxicidade em culturas sensíveis, uma vez que como este íon não é retido ou adsorvido às partículas de solo, facilmente se desloca com a água até as folhas, onde se acumula pela transpiração, podendo causar necroses e queimaduras nas folhas. Algumas variedades de videira não suportam  $Cl > 10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  (Ayers e Westcot, 1991). Desta forma, para uso destas águas na irrigação, há necessidade de considerar a tolerância das culturas a este íon.

Auzmendi *et al.* (2002), em estudos realizados sobre a qualidade das águas subterrâneas, na região de Irecê-BA, onde predominam formações rochosas do Grupo Bambuí, semelhantes à bacia do Salitre, observaram, também, grande variação espacial na composição química das águas, e associaram estes resultados aos fatores litológicos, climáticos e antrópicos, predominando a relação iônica do tipo  $Cl > HCO_3$ , enquanto na Chapada Diamantina predominou a relação  $HCO_3 > Cl > SO_4$ . Em algumas fontes, o teor de cloretos atingiu  $8.770 \text{ mg L}^{-1}$ , observando-se, também, a presença de compostos nitrogenados, com valores máximos para nitrato de  $132,0 \text{ mg L}^{-1}$ , próximo a áreas de descargas de fluxo subterrâneo.

A partir de uma análise global dos processos que ocorrem na sub-bacia III, pode-se concluir que esta apresenta sérios problemas relacionados aos elevados teores de metais pesados nos sedimentos depositados, com riscos potenciais de contaminação dos seres deste habitat, podendo, por meio da cadeia trófica, atingir o homem; também existem problemas graves de salinidade e de sodicidade dos solos, embora algumas medidas de recuperação dos solos já tenham sido implementadas, porém, sem muito sucesso.

Com relação à qualidade das águas, embora as características geológicas, com predominância de rochas calcárias, tenham forte influência na salinidade, dureza total, cloreto, bicarbonatos, entre outros, o sistema agrícola irrigado praticado atualmente nesta sub-bacia, tem contribuído de forma significativa para degradar a qualidade das águas, que, por meio da lixiviação e/ou escoamento superficial, sais e outros elementos tóxicos, podem poluir e/ou contaminar as fontes hídricas superficiais e subterrâneas, além de aumentar os níveis de salinidade e sodicidade dos solos, tornando-os, assim, com baixa capacidade produtiva. Nas demais fontes hídricas desta sub-bacia não foram observados aumentos significativos nos valores das variáveis analisadas.

Problemas relacionados aos aspectos quantitativos também foram enfatizados pelos produtores desta sub-bacia, ocorrendo perdas totais de produtividade das culturas devido à falta de água para irrigar. Isto se deve ao fato de que alguns produtores

localizados à montante constroem barreiras no riacho Caatinga do Moura, impedindo o escoamento das águas, necessitando, desta forma, de medidas emergenciais de gestão dos recursos hídricos, como comentado pelo presidente da Associação dos Produtores Rurais.

#### **4.1.4. Sub-bacia Hidrográfica IV**

Esta sub-bacia é drenada pelo rio Salitre e alguns afluentes, sendo o riacho Pacuí o mais importante, uma vez que apresenta escoamento superficial na maior parte do ano. Em anos de baixas precipitações pluviométricas, esta é a única fonte de alimentação do rio principal. Localiza-se na parte central-norte da bacia do Salitre, abrangendo praticamente todo o município de Campo Formoso. Nesta sub-bacia, ocorrem as mais baixas precipitações pluviométricas médias e as mais altas taxas evapotranspirométricas, em torno de 500 e 1.400 mm, respectivamente (Figura 3.4), proporcionando deficiência de umidade no solo durante a maior parte do ano, à semelhança de outras regiões, sendo explorada a agricultura de subsistência. De acordo com FIBGE (1996), predomina nesta área a pecuária caprina (9,93 cab. km<sup>-2</sup>), seguida da bovina (6,51 cab. km<sup>-2</sup>) e ovina (3,28 cab. km<sup>-2</sup>) (Tabela 7.4 - Anexo).

Os solos que constituem esta sub-bacia são dos tipos Cambissolos (Ce) e pequenas manchas de Litólicos (R), que se caracterizam por serem bem drenados, textura franco-argilosa, rasos a moderadamente profundos, com tendências a alcalinidade na maior parte da área (Figura 3.5). Os resultados das características físicas e químicas dos solos indicam um solo com 70% de areia (BARRET), porém, com elevada saturação de bases ( $V > 92\%$ ) e pH normal, com concentrações de metais pesados na faixa da normalidade. Nos sedimentos, obtiveram-se elevados valores nas fontes NASPACU e LBRANCA para os metais pesados cobre (0,5 e 6,0; 3,2 e 11,3 mg dm<sup>-3</sup>), zinco (1,7 e 1,4; 3,2 e 14,6 mg dm<sup>-3</sup>) e cádmio (0,05 e 0,06; 0,1 e 0,16 mg dm<sup>-3</sup>), nos respectivos períodos e fontes quando comparados aos limites para água de consumo humano do CONAMA (1986) (Tabela 7.5 - Anexo). A origem desses valores está relacionada à geologia da área, uma vez que o uso de fertilizantes químicos na agricultura tradicional é praticamente inexistente (Tabelas 4.5 e 4.6).

As fontes hídricas desta sub-bacia localizam-se, predominantemente, nas Formações Calcários Bambuí (PC'B) e Caatinga (TTQca), que, como discutido, são águas que apresentam elevadas concentrações de  $\text{HCO}_3$ , Ca, Cl, Na, Mg, entre outros, refletindo na salinidade e nos demais parâmetros, semelhante à Sub-bacia II (Tabela 4.2, Figura 3.6).

De acordo com a Tabela 4.7, de modo geral, não foram observadas variações significativas entre os índices de qualidade das águas analisados nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001, tanto para as fontes superficiais quanto para as subterrâneas, embora nos poços BCAAT e BALDU, quando comparados aos resultados obtidos em 1984, tenham ocorrido reduções nos índices analisados, o que pode estar associado ao aumento do consumo da água.

A água do poço BARRET1 apresentou os mais elevados valores de SDT, Ca, Cl,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , DT, I.L. Nesta área, os solos se apresentam favoráveis à agricultura irrigada; no entanto, a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ( $\text{CE}_s$ ) no período sem chuvas foi de  $31,4 \text{ dS m}^{-1}$ , com uma PST = 10,63%, classificando-o como solo salino e a água como  $\text{C}_4\text{S}_2$  ( $\text{CE}_A = 7,0$  e  $7,17 \text{ dS m}^{-1}$ ), a qual está sendo utilizada para irrigar a cultura do mamoeiro (*Carica papaya*), que é moderadamente tolerante à salinidade (Ayers e Westcot, 1991). O sistema de irrigação utilizado é por sulcos, o qual favorece a maior acumulação de sais no solo, devido à baixa eficiência de aplicação de água, própria deste sistema. A  $\text{CE}_s$  também foi elevada na área da fonte BCAAT ( $\text{CE}_s = 43,1 \text{ dS m}^{-1}$ ), no leito do rio Salitre, contendo esta área muita vegetação nativa de algarobeira (*Prosopis juliflora*).

#### **4.1.5. Sub-bacia Hidrográfica V**

A sub-bacia hidrográfica V tem como principal área de drenagem o próprio rio Salitre, iniciando-se em Campo Formoso e desaguando no rio São Francisco, ocupando toda a parte do município de Juazeiro. Nesta sub-bacia estão sendo irrigados pequenos projetos utilizando águas do rio Salitre, como, também, grandes projetos de irrigação, porém, utilizando águas de nove barragens galgáveis sequenciais, alimentadas pelo rio São Francisco. As taxas de precipitação e evapotranspiração médias anuais são semelhantes às da sub-bacia IV. No município de Juazeiro há predominância dos tipos de pecuária caprina

e ovina, com densidades populacionais de 25,25 e 15,98 cab. km<sup>-2</sup>, respectivamente, enquanto a bovina é 5,09 cab. km<sup>-2</sup> (FIBGE, 1996) (Tabela 7.4 - Anexo).

As classes de solos desta sub-bacia variam em relação às demais, apresentando manchas de Vertissolos (V), Planossolos (Pl) e Bruno não Cálcicos (Figura 3.5 e Tabela 4.2). Os Vertissolos são solos pouco profundos, de alta fertilidade natural e baixa permeabilidade, aptos para agricultura. Nestes solos está sendo implantado o projeto de irrigação Salitre, do governo federal, com meta para iniciar com 20.000 ha. As análises de solos realizadas em diferentes pontos desta sub-bacia indicam a presença de solos sódicos (STEREZ1) e salinos (STERESAL, BGALV1 e GOIAB).

Quanto aos metais pesados presentes nos solos, os resultados obtidos foram baixos, à semelhança das demais sub-bacias, não apresentando, no momento, riscos de contaminação. Porém, nos sedimentos analisados nas fontes hídricas superficiais CURRALV, GOIAB, BGALV1 e RIOSF, os valores foram bastante elevados, em ambos períodos, atingindo teores de zinco e de cobre, respectivamente de 3,1; 13,8; 6,9; 11,3 mg dm<sup>-3</sup> e de 3,3; 4,5; 3,0; 2,0 mg dm<sup>-3</sup> no período das chuvas. No período sem chuvas, os teores de chumbo para as três últimas fontes foram 2,49; 1,96 e 2,21 mg dm<sup>-3</sup>, muito tóxicos para a maioria dos seres vivos, quando comparados aos limites críticos apresentados pelo CONAMA (1985), de acordo com a Tabela 7.5 (Anexo). Segundo FATMA (1999), o chumbo é um elemento tóxico e pode ser absorvido através dos alimentos e da água, e para muitas espécies aquáticas, sua toxicidade depende da dureza total (DT) da água; para a *Daphnia* a concentração letal (CL<sub>50</sub>) é de 0,6 mg L<sup>-1</sup> Pb para águas com DT < 100 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> e de 1,9 mg L<sup>-1</sup> Pb para águas com DT > 200 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (Tabelas 4.5 e 4.6).

Os aspectos geológicos dessa sub-bacia se apresentam diferenciados das demais sub-bacias, predominando as Formações Jacobina (PCjb), Cabrobó (PCCbr) e Salitre (Figura 3.6).

Os teores de SDT, DT, RAS e CIP foram elevados e estão relacionados às condições geológicas da bacia, com exceção da fonte BGALV1 que recebe água do São Francisco, e na foz (RIOSF). No poço tubular HORTOS ocorreu redução nos SDT entre os períodos de 1984 e 2001, variando de SDT = 2.096,0 para 1.714 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, devido ao aumento do consumo da água, uma vez que foi instalado um dessalinizador, passando a atender a várias famílias da comunidade, porém, observou-se a necessidade de um manejo adequado dos rejeitos, como recomendado por Porto *et al.* (2001).

A partir dos resultados da qualidade das águas obtidos para parte baixa do Salitre, onde é praticada a agricultura irrigada, observaram-se aumentos significativos na maioria das variáveis analisadas entre os pontos monitorados durante o período. Na primeira campanha (C0), realizada em abril de 2001, após a ocorrência das precipitações pluviométricas nesta região, os aumentos das variáveis do ponto 1 (P1) para o ponto 3 (P3) foram DT = 31% (290,24 a 380,32 mg L<sup>-1</sup>); SDT = 52% (410 a 627,00 mg L<sup>-1</sup>); RAS = 152% (0,51 a 1,29 mmol L<sup>-1/2</sup>) e, Cl = 220% (1,20 a 3,85 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>). Comparando estes resultados com os obtidos em dezembro do mesmo ano, antes das chuvas, nos respectivos pontos, esses aumentos foram de 18; 61; 201 e 299%, observando-se, assim, aumentos entre os pontos e entre períodos analisados (Tabela 4.9).

Como pode ser observado na Tabela 4.9, baixos valores de amônio (NH<sub>4</sub>-N) foram obtidos em todos os pontos monitorados até dezembro, porém, as fortes chuvas que ocorreram nos períodos subseqüentes promoveram escoamento de solutos das áreas irrigadas para o rio e, assim, aumentos significativos nos resultados do amônio e, por cadeia, do nitrato (NO<sub>3</sub>-N), atingindo máximo de NO<sub>3</sub> = 344,30 mg L<sup>-1</sup>-N na última campanha, no ponto 4. Este valor de nitrato é elevado, considerando-se que o rio Salitre também tem finalidade para consumos humano e animal, uma vez que o CONAMA e a OMS recomendam como limite NO<sub>3</sub> = 10 mg L<sup>-1</sup>-N (Tabela 7.5 – Anexo).

Quanto à influência das atividades antrópicas sobre a qualidade das águas, foi observado que nas sub-bacias III e V ocorreram aumentos significativos nos valores dos sólidos dissolvidos totais (SDT), na relação de adsorção de sódio (RAS) e nos níveis de cloretos (Cl), no mesmo período, nas fontes localizadas no início e no final da área irrigada, corroborando com os resultados encontrados por Carvalho *et al.* (2000).

Também, foram observados aumentos nos valores da condutividade elétrica do extrato de saturação dos solos e nos níveis dos metais pesados analisados nos sedimentos acumulados nas fontes hídricas próximas das parcelas irrigadas. Estes aumentos resultam da baixa eficiência dos sistemas de produção agrícolas, sendo utilizado método de irrigação de baixa eficiência de aplicação de água pela maioria dos produtores, que, associada à elevada salinidade das águas do rio Salitre e/ou dos poços tubulares, ao uso inadequado de agroquímicos e outros insumos e práticas agrícolas, contribuem para degradar a qualidade das águas e aumentar os níveis de salinidade dos solos, podendo torná-los improdutivos do ponto de vista agrícola. Por outro lado, estes aumentos não foram observados nas demais fontes hídricas destas sub-bacias, como também nas demais

Tabela 4.9. Indicadores de qualidade das águas do baixo rio Salitre obtidos durante as campanhas (C) realizadas de abril de 2001 a abril de 2002.

Local	C	SDT	OD	----- $(\text{mg L}^{-1})$ -----		DT	RAS	CIP
				$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$		$(\text{mmol L})^{-1/2}$	
C. Velho (P1)	C0	410,0	4,80	0,30	0,25	290,24	0,51	17,99
	C1	640,0	5,01	0,48	4,11	230,24	0,62	28,90
	C2	640,0	5,09	0,20	28,55	285,33	0,53	28,58
	C3	607,0	7,23	0,35	16,91	280,31	0,62	26,67
	C4	483,0	7,06	0,20	81,72	300,21	0,73	38,55
	C5	517,0	11,41	10,51	48,92	345,36	0,70	36,41
	C6	469,0	10,62	2,52	75,57	325,35	0,58	36,16
	C7	455,0	11,02	17,57	215,70	330,40	0,65	49,45
Goiabeira (P2)	C0	498,0	6,33	0,38	1,35	330,33	0,62	44,16
	C1	406,0	4,87	0,15	1,11	285,29	0,91	41,70
	C2	402,0	5,15	0,10	8,56	310,33	0,87	34,28
	C3	498,0	9,99	0,47	9,42	300,31	0,79	34,83
	C4	564,0	6,53	0,19	111,50	300,27	0,98	52,21
	C5	572,0	9,10	11,76	51,14	350,36	0,86	40,64
	C6	541,0	11,00	3,41	96,29	360,38	0,82	43,91
	C7	533,0	10,05	14,30	356,50	360,42	0,82	63,27
Alegre (P3)	C0	627,0	5,95	0,53	0,93	380,32	1,29	36,58
	C1	507,0	5,75	0,25	6,96	320,32	1,47	43,92
	C2	513,0	4,79	0,16	26,58	355,37	1,20	43,85
	C3	552,5	8,61	0,41	13,16	370,38	1,56	44,21
	C4	778,0	12,02	0,18	78,75	355,31	2,20	61,35
	C5	817,0	12,01	9,43	34,33	440,46	1,82	50,01
	C6	796,0	12,78	3,40	51,95	455,49	1,43	53,64
	C7	883,0	12,40	11,80	129,60	495,54	2,29	60,85
P. Preto (P4)	C1	659,2	4,43	0,39	0,00	315,30	1,69	45,99
	C2	716,0	4,46	0,23	24,39	400,41	1,58	46,83
	C3*	-	-	-	-	-	-	-
	C4*	-	-	-	-	-	-	-
	C5	884,0	8,93	14,18	51,83	485,48	1,80	53,69
	C6	944,0	10,43	4,36	104,80	520,53	1,64	58,15
	C7	1105,0	9,68	13,00	344,30	590,66	2,69	71,92

\* Não havia água neste ponto nestas datas.

sub-bacias analisadas, onde se pratica a agricultura de subsistência, que apresenta menores riscos de comprometer a qualidade das águas.

Em algumas fontes hídricas analisadas em toda a bacia hidrográfica do Salitre, foi observado que os valores de algumas variáveis foram reduzidos do período das chuvas para o sem chuvas; isto ocorre porque no período sem chuvas os sais do perfil do solo sofrem ascensão capilar e se acumulam na superfície do solo. Com a ocorrência das primeiras chuvas, estes sais são carregados para as fontes hídricas, aumentando sua salinidade, a qual será diminuída com a continuidade das precipitações. Porém, de modo geral, não foram observadas variações significativas nas variáveis analisadas entre os períodos, tanto para as fontes superficiais quanto para as subterrâneas; assim, os elevados níveis, principalmente, de elementos que definem a salinidade das águas estão relacionados diretamente aos fatores naturais, com destaque para os aspectos climáticos e geológicos, determinantes na qualidade das águas da bacia do Salitre.

#### **4.2. Indicadores Globais de Qualidade das Águas**

Foram determinadas variações percentuais das variáveis analisadas em relação aos valores máximos permissíveis para uso doméstico e de irrigação, recomendados pelo CONAMA (1986) e por Ayers e Westcot (1991), nos períodos de chuvas e sem chuvas (Tabelas 4.10 e 4.11).

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que, em média, em 54,34% das fontes hídricas, os valores dos sólidos dissolvidos totais (SDT) para as fontes superficiais foram inferiores ao limite recomendado para consumo humano ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) pelo CONAMA e para irrigação ( $450 \text{ mg L}^{-1}$ ), com valor máximo de  $\text{SDT} = 7.940,0 \text{ mg L}^{-1}$  (LBRANCA) no período sem chuvas, apresentando baixos riscos de salinização dos solos pela água, com apenas 35% das fontes hídricas classificadas como  $C_3$  e  $C_4$  (Tabelas 4.7 e 4.10).

Quanto às águas subterrâneas, principal fonte hídrica destinada ao consumo doméstico de toda a bacia, em média, em 76,50% destas fontes, os valores dos SDT foram superiores aos limites recomendados para consumo humano, em ambos períodos, atingindo um máximo na fonte BARRET1 ( $\text{SDT} = 5.060,0 \text{ mg L}^{-1}$ ), sendo classificadas como  $C_3$  e

Tabela 4.10. Valores máximos, médios, mínimos e percentuais de variação dos parâmetros de qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Salitre no período das chuvas (PC) e sem chuvas (PV).

Variáveis	Período	Máximos	Médios	Mínimos	CV (%)	Município de máximo valor	Código	VP*		Variação (%)
								CD	AI	
Temperatura (°C)	PC	32,93	27,56	23,59	6,8	C.Formoso	LBRANCA	-	-	-
	PV	32,41	27,92	22,36	12,08	Mirangaba	TAQUA4	-	-	-
Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	PC	3,59	0,81	0,02	108,0	M.Chapéu	BREJ1	-	<0,70	56,98(-)
	PV	11,35	1,26	0,02	187,8	C.Formoso	LBRANCA	-	-	58,5(-)
Sólidos D. Totais (mg L <sup>-1</sup> )	PC	2.390,0	560,88	30,00	101,8	M.Chapéu	BREJ1	500	< 450	53,08(-)
	PV	7.940,0	870,44	30,00	191,5	C.Formoso	LBRANCA	-	-	55,6(-)
PH	PC	8,95	7,43	3,58	16,1	M.Chapéu	OLHOFB	6,0-9,0	-	91,72(-8,5)
	PV	8,0	7,00	3,4	17,64	Juazeiro	GOIAB	-	-	22,7(<6,0)
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	PC	14,0	6,97	2,80	33,3	Jacobina	AIFINAL	≥6,0	-	38,38(-)
	PV	18,43	3,93	0,81	97,33	Juazeiro	RIOSF	-	-	79,6(-)
Turbidez (NTU)	PC	86,5	-	0,0	-	V.Nova	Gilól	≤ 40	-	93(-)
	PV	939,2	86,38	0,0	255,5	M.Chapéu	ROCA1	-	-	76,0 (-)
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	8,0	1,48	0,10	101,5	M.Chapéu	BREJ1	-	20	100(-)
	PV	30,0	2,63	0,20	208,4	Jacobina	CATLAG	-	-	97,2(-)
Magnésio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	13,4	3,48	0,10	96,9	Jacobina	CATLAG	-	5,0	67,19(-)
	PV	12,0	3,91	0,1	156,3	Jacobina	CATLAG	-	-	79,7(-)
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	14,0	2,87	0,13	122,4	M.Chapéu	BREJ1	-	40,0	100(-)
	PV	73,69	5,12	0,07	267,7	C.Formoso	LBRANCA	-	-	97,7(-)

Continua

Variáveis	Período	Máximos	Médios	Mínimos	CV (%)	Município de máximo valor	Código	VP*		Continuação
								CD	AI	Variação (%)
Potássio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	1,56	0,28	0,01	132,6	M.Chapéu	BREJ1	-	2,0	100(-)
	PV	3,54	0,52	0,01	157,9	V.Nova	GILO1	-		95,2(-)
Carbonatos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	1,20	0,32	0,00	135,5	Ourolândia	BOURO	-	0,10	53,13(-)
	PV	0,90	0,11	0,0	206,5	Juazeiro	CVELHO	-		78,7(-)
Bicarbonatos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	6,60	2,91	0,20	70,9	Jacobina	CATLAG	-	10,0	100(-)
	PV	40,0	4,01	0,30	178,4	Jacobina	CATLAG	-		95,4(-)
Sulfatos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	3,09	0,71	0,04	105,5	Jacobina	CATLAG	7,0	20,0	100(-)
	PV	1,70	0,20	0,30	157,2	Jacobina	CATLAG			100(-)
Cloretos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	27,80	4,61	0,20	143,2	M.Chapéu	BREJ1	7,0	30,0	81,90(-)
	PV	91,4	7,93	0,20	225,7	C.Formoso	LBRANCA			89,6(-)
Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	PC	5,62	0,85	0,01	164,7	M.Chapéu	ROCA1	0,3	<0,1	48,48(-)
	PV	6,16	0,42	0,00	-	M.Chapéu	ROCA1			82,7(-)
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N) (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>***</sup>	PC	38,17	6,35	0,13	117,6	V.Nova	CURT2	10	-	77,10(-)
Clorofila-a (µg L <sup>-1</sup> ) <sup>***</sup>	PC	93,10	16,88	0,10	134,7	M.Chapéu	BREJ1	< 25 <sup>****</sup>	-	77,68(-)
Amônio (NH <sub>4</sub> -N) (mg L <sup>-1</sup> )	PC	9,69	1,00	0,02	171,4	M.Chapéu	BREJ1	< 0,1	-	90,0(+)
	PV	5,58	0,97	0,04	132,7	V.Nova	GILO1		-	85,9(+)
RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	PC	5,95	1,70	0,15	88,3	M.Chapéu	ROCA1	-	15	100(-)
	PV	25,27	2,64	0,04	185,7	C.Formoso	LBRANCA	-		96,4(-)
Dureza Total (mg L <sup>-1</sup> )	PC	849,75	266,11	14,99	89,7	Jacobina	CATLAG	<500 <sup>**</sup>	-	92,8(-)
	PV	2.999,6	327,0	19,99	172,6	Jacobina	CATLAG			79,6(-)

Continua

Variáveis	Período	Máximos	Médios	Mínimos	CV (%)	Município de máximo valor	Código	VP*		Continuação
								CD	AI	Variação (%)
CSR (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	2,60	-2,09	-13,0	-155	M.Chapéu	ROCA1	-	<1,25	96,65(-)
	PV	4,0	-2,4	-20,0	-209,3	V.Nova	GILO1	-		95,0(-)
Concentração de cloreto (CIP)	PC	84,60	47,31	11,66	44,4	C.Formoso	LBRANCA	-	< 4,0	100(+)
	PV	97,51	65,31	25,43	30,8	C.Formoso	LBRANCA	-		100(+)
Relação Sódio/Cálcio	PC	7,33	2,21	0,15	83,5	M.Calmon	TPRACA	-	< 3,0	58,53(-)
	PV	14,74	2,40	0,04	148,2	C.Formoso	LBRANCA	-		78,9(-)
Relação Cálcio/Magnésio	PC	2,00	0,76	0,10	81,2	Juazeiro	RIOSF	-	> 1,0	75,0(-)
	PV	6,0	1,25	0,17	108,4	V.Nova	GILO1	-		59,9(-)
Índice de Larson (mg L <sup>-1</sup> )	PC	9,33	2,11	0,11	104,0	C.Formoso	LBRANCA	0,10	-	100(+)
	PV	23,15	1,79	0,15	238,0	C.Formoso	LBRANCA		-	100(+)

\*VP: Valores permissíveis para consumo doméstico (CD), CONAMA 20 para a classe 1, água de irrigação (AI) (Ayers e Westcot, 1991 e Pizarro, 1978); \*\* OMS;

\*\*\* no período sem chuvas não houve leitura na sonda. \*\*\*\*Chapman e Kimstach (1997). Percentuais acima (+) e abaixo (-) do recomendado.

Tabela 4.11. Valores máximos, médios, mínimos e percentuais de variação dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Salitre no período das chuvas (PC) e no período sem chuvas (PV).

Variáveis	Período	Máximos	Médios	Mínimos	CV (%)	Município de máximo valor	Código	VP*		Variação (%)
								CD	AI	
Temperatura (°C)	PC	33,65	27,97	25,11	7,50	V.Nova	SANT2	-	-	-
	PV	32,39	27,39	20,76	9,40	Mirangaba	TAQUA6	-	-	-
Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	PC	7,86	1,81	0,04	95,40	M.Chapéu	CVELHO	-	< 0,70	75(+)
	PV	7,17	1,92	0,05	83,01	C.Formoso	BARRET1	-	-	80,46(+)
Sólidos D. Totais (mg L <sup>-1</sup> )	PC	5.370,0	1.195,00	40,00	99,40	M.Chapéu	CVELHO	500	< 450	71,56(+)
	PV	5.060,0	1.301,95	40,00	85,93	C.Formoso	BARRET1	-	-	81,42(+)
pH	PC	8,50	7,29	5,35	9,10	Jacobina	LMULUN	6,0-9,0		7,26(-)
	PV	8,30	7,14	5,40	7,53	C.Formoso	LMULUN	-	-	100(-)
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	PC	12,52	5,62	2,00	33,70	M.Chapéu	CVELHO	≥6,0	-	64,36(-)
	PV	15,30	4,29	0,03	88,38	C.Formoso	FBPRET1	-	-	71,90(-)
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	34,50	3,89	0,20	162,1	C.Formoso	BARRET1	-	20	96,17(-)
	PV	40,30	5,64	0,10	132,3	C.Formoso	BARRET1	-	-	93,24(-)
Magnésio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	25,60	7,58	0,10	80,0	Juazeiro	ALDEIA	-	5,0	59,62(+)
	PV	24,30	6,60	0,10	94,62	Juazeiro	STEREZ2	-	-	54,0(+)
Potássio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	5,38	0,32	0,01	234,3	M.Chapéu	CVELHO	-	2,0	96,11(-)
	PV	1,44	0,26	0,01	90,52	Jacobina	CHOROR	-	-	100(-)
Carbonatos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	1,20	0,20	0,00	170,9	M.Calmon	CURT1	-	0,10	56,25(-)
	PV	0,80	0,12	0,0	199,6	C.Formoso	FNOVA	-	-	77,10(-)

Continua

Variáveis	Período	Máximos	Médios	Mínimos	CV (%)	Município de máximo valor	Código	VP*		Continuação
								CD	AI	Variação (%)
Bicarbonatos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	9,95	4,30	0,15	56,3	Juazeiro	ALDEIA	-	10,0	100(-)
	PV	8,00	3,89	0,30	49,40	C.Formoso	CURRALI	-		100(-)
Sulfatos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	5,20	1,99	0,01	63,9	C.Formoso	TIQUA2	7,0	20,0	100(-)
	PV	1,65	0,49	0,01	91,42	Juazeiro	STEREZ2			100(-)
Cloretos (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	74,90	11,61	0,60	131,8	C.Formoso	TIQUA2	7,0	30,0	54,70(-)
	PV	68,4	13,96	0,20	109,5	C.Formoso	BARRET1			56,74(+)
Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	PC	2,08	0,14	0,01	207,7	Mirangaba	MIRANG	0,3	<0,1	25,0(+)
	PV	3,69	0,09	0,0	-	Jacobina	GILO2			96(-)
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N) (mg L <sup>-1</sup> )***	PC	177,40	17,81	0,06	154,8	C.Formoso	BARRET1	10	-	51,40(-)
Amônio (NH <sub>4</sub> -N) (mg L <sup>-1</sup> )	PC	20,41	1,21	0,03	221,7	M.Chapéu	CVELHO	< 0,1	-	94,44(+)
	PV	2,95	0,67	0,08	79,29	V.Nova	FSBENE			96,4(+)
RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	PC	10,89	2,46	0,52	67,5	M.Chapéu	CVELHO		15	100(-)
	PV	6,71	2,69	0,01	64,97	M.Chapéu	TAMB2			100(-)
Clorofila-a (µg L <sup>-1</sup> )***	PC	87,30	3,38	0,00	366,2	M.Chapéu	CVELHO	< 25****	-	95,71(-)
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	43,91	6,26	0,40	107,1	M.Chapéu	CVELHO	-	40,0	98,49(-)
	PV	18,33	6,57	0,02	87,41	Juazeiro	STEREZ2	-		100(-)
Dureza Total (mg L <sup>-1</sup> )	PC	2.717,87	573,80	24,97	96,5	C.Formoso	BARRET1	<500**	-	42,0(+)
	PV	2.940,06	612,09	19,99	98,68	C.Formoso	BARRET1			48,0(+)
CSR (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	PC	2,80	-6,97	-50,30	-147,6	Ourolândia	PBARR	-	<1,25	97,21(-)
	PV	2,40	-8,22	-54,30	-147,3	Ourolândia	PBARR	-		94,17(-)
Concentração de cloreto (CIP)	PC	93,13	53,47	15,87	39,2	M.Chapéu	CVELHO	-	<4,0	100(+)
	PV	94,59	72,84	27,02	20,73	V.Nova	SALINAS	-		100(+)

Continua

Variáveis	Período	Máximos	Médios	Mínimos	CV (%)	Município de máximo valor	Código	VP*		Continuação
								CD	AI	Variação (%)
Relação Sódio/Cálcio	PC	12,80	3,41	0,27	100,6	C.Formoso	BARRET	-	< 3,0	59,28(-)
	PV	7,62	1,98	0,0	85,22	Juazeiro	HORTOS	-		77,0(-)
Relação Cálcio/Magnésio	PC	4,00	0,72	0,03	126,9	Jacobina	LBAT1	-	> 1,0	76,26(-)
	PV	7,20	1,19	0,09	115,9	C.Formoso	PCOLH2	-		59,0(-)
Índice de Larson (IL)	PC	14,68	2,22	0,21	-	M.Chapéu	CVELHO	< 0,1	-	100(+)
	PV	13,89	2,79	0,13	127,9	C.Formoso	BARRET2		-	100(+)

\*VP: Valores permissíveis para consumo doméstico (CD), CONAMA 20, para Classe 1 e para água de irrigação (AI) (Ayers e Westcot, 1991 e Pizarro, 1978); \*\*OMS;

\*\*\* no período sem chuvas não ocorreu leitura; \*\*\*\* Chapman e Kimstach (1997). (+), (-) Percentuais acima e abaixo do recomendado.

C<sub>4</sub>, em 93,33%; 75,47% e 78,57% das fontes nos respectivos períodos sem chuvas de 1984 chuvas e sem chuvas de 2001 (Tabelas 4.7 e 4.11). As Figuras 4.9 a e b apresentam as variações dos SDT para as fontes superficiais e subterrâneas, em função dos períodos analisados, enquanto as Figuras 4.10 a e b apresentam a distribuição espacial das classes de águas superficiais e subterrâneas para uso na irrigação, respectivamente.

A partir de uma análise conjunta destes resultados, pode-se concluir que as fontes hídricas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre apresentam sérios riscos de salinização dos solos e toxicidade por cloretos às culturas, sem, contudo, apresentar riscos de sodicidade dos solos. De modo geral, as culturas se comportam diferentemente à salinidade; em culturas mais sensíveis, altas concentrações de sais na água de irrigação têm reflexos negativos tanto no desenvolvimento das plantas como na produtividade e qualidade dos produtos, se manifestando desde as fases de germinação e emergência das plântulas até a fase produtiva.

Falcão *et al.* (2000) avaliaram a salinidade das águas, nos períodos sem chuvas e chuvoso, em seis reservatórios, dos quais quatro no Sertão e dois na Zona da Mata-PE, observando que não ocorreram variações significativas nas variáveis analisadas; as pequenas diferenças na CE devem-se à grande variabilidade climática. Estudos realizados por Andrade e Lopes (2000), com águas subterrâneas da bacia do Salitre, disponibilizadas pela Companhia de Engenharia Rural da Bahia - CERB, apresentaram, no geral, águas classificadas como muito duras, altos valores de condutividade elétrica (C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>), além da presença de íons de carbonatos e cloretos, corroborando com estes resultados.

Com relação à dureza total (DT), para a maioria das fontes superficiais, os valores obtidos estão abaixo do limite recomendado pela OMS; por outro lado, nas fontes subterrâneas, os valores de dureza total das águas foram mais elevados e em um maior número de fontes hídricas (Tabelas 4.10 e 4.11). As Figuras 4.11 (a) e (b) apresentam as variações da DT para as fontes superficiais (a) e subterrâneas (b) nos períodos analisados.

A dureza das águas é fator determinante na definição de seu uso. Para a bacia do Salitre, de acordo com a classificação de Custódio e Llamas (1983), citados por Santos (1997), nos períodos de chuvas e sem chuvas, 57,57% e 44,83%, respectivamente, das águas superficiais são muito duras (DT > 200 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>), enquanto as subterrâneas são 73,6% e 76,8% nos períodos analisados.

Para uso doméstico, águas duras provocam grandes consumos de sabão e dificultam também o cozimento dos alimentos, sendo estes efeitos facilmente perceptíveis.

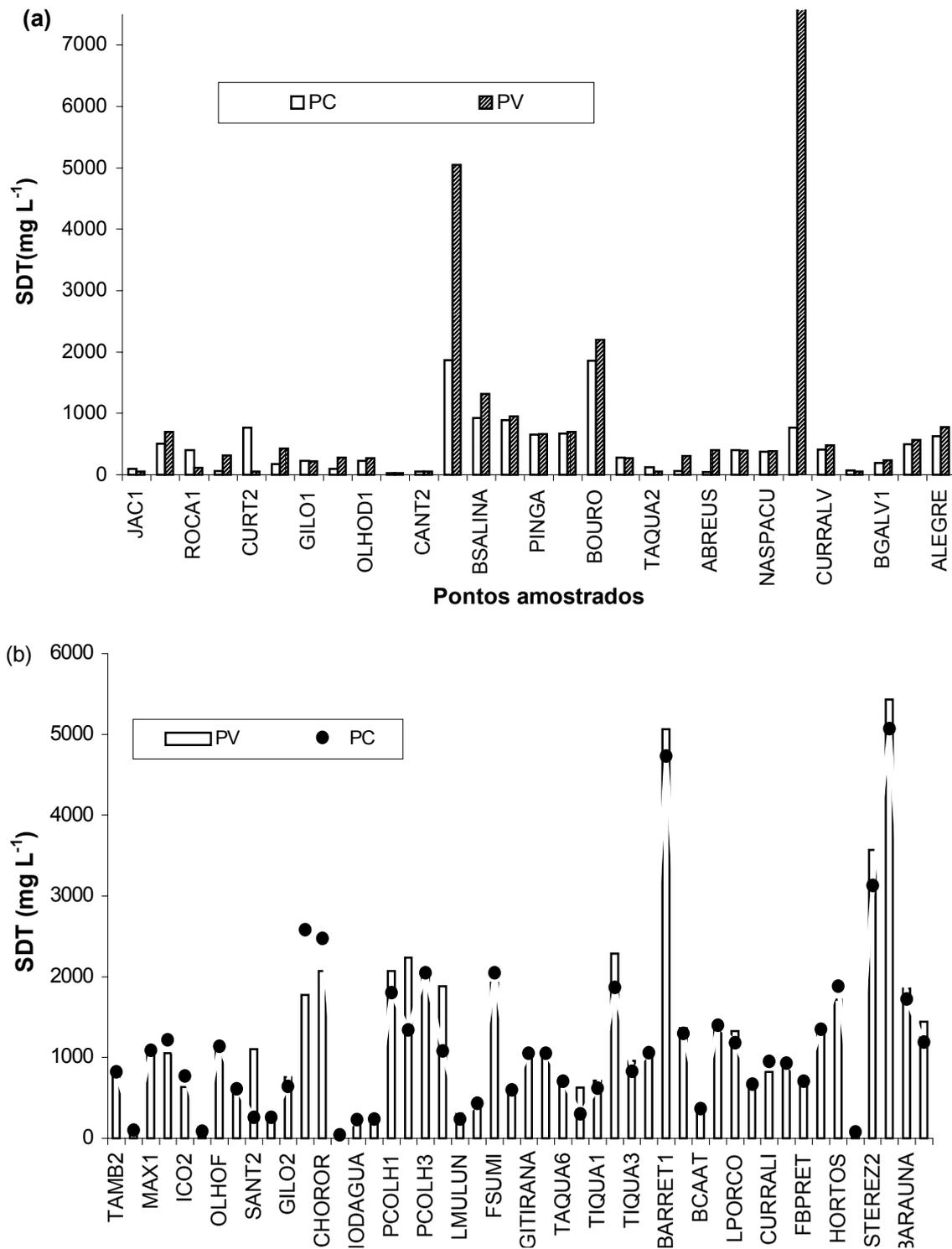


Figura 4.9. Variações espaço-temporais dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) das águas superficiais (a) e subterrâneas (b) nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV).

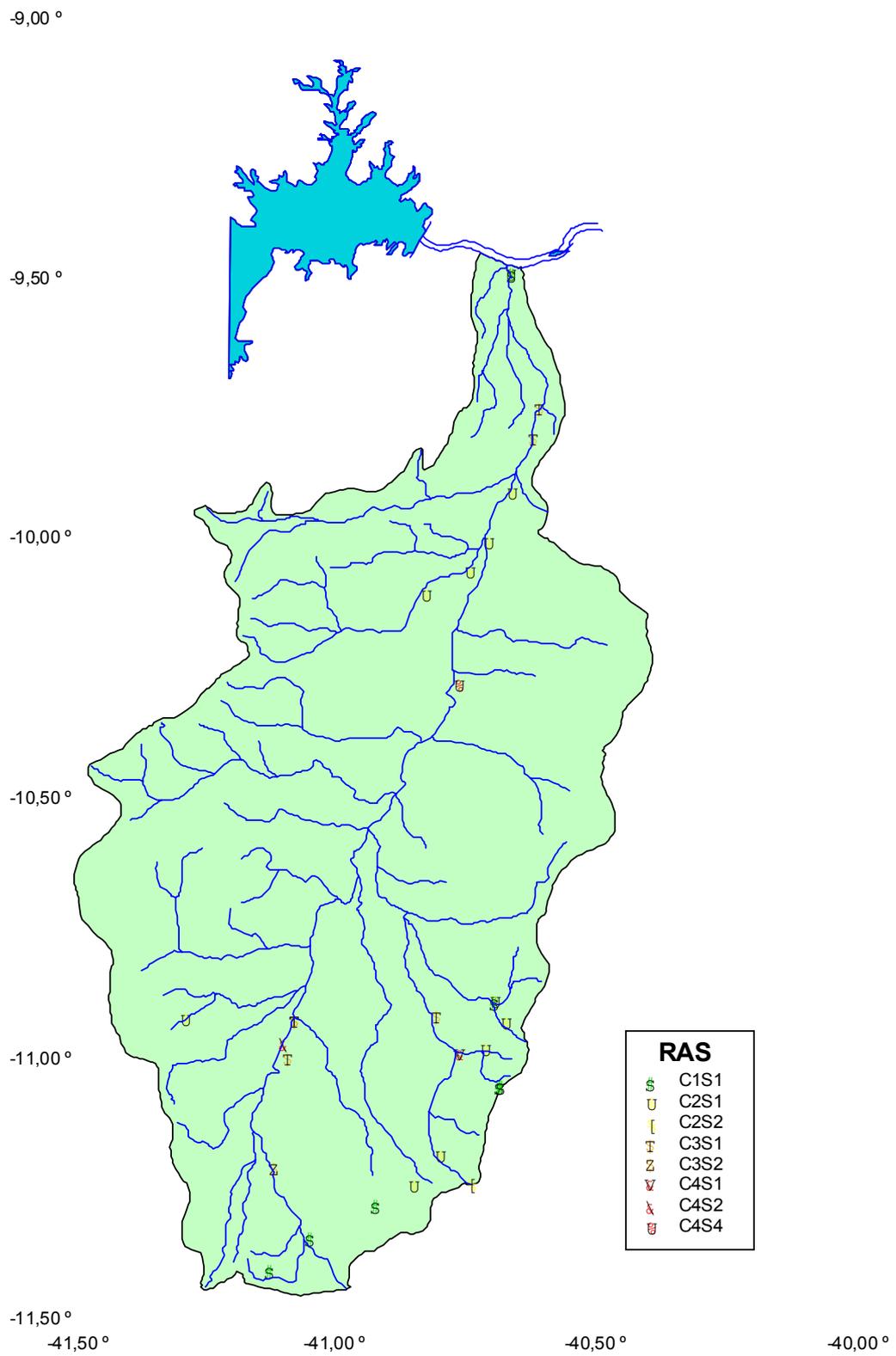


Figura 4.10 (a). Classificação das águas superficiais quanto a seu uso para irrigação, de acordo com Richards (1954), no período sem chuvas.

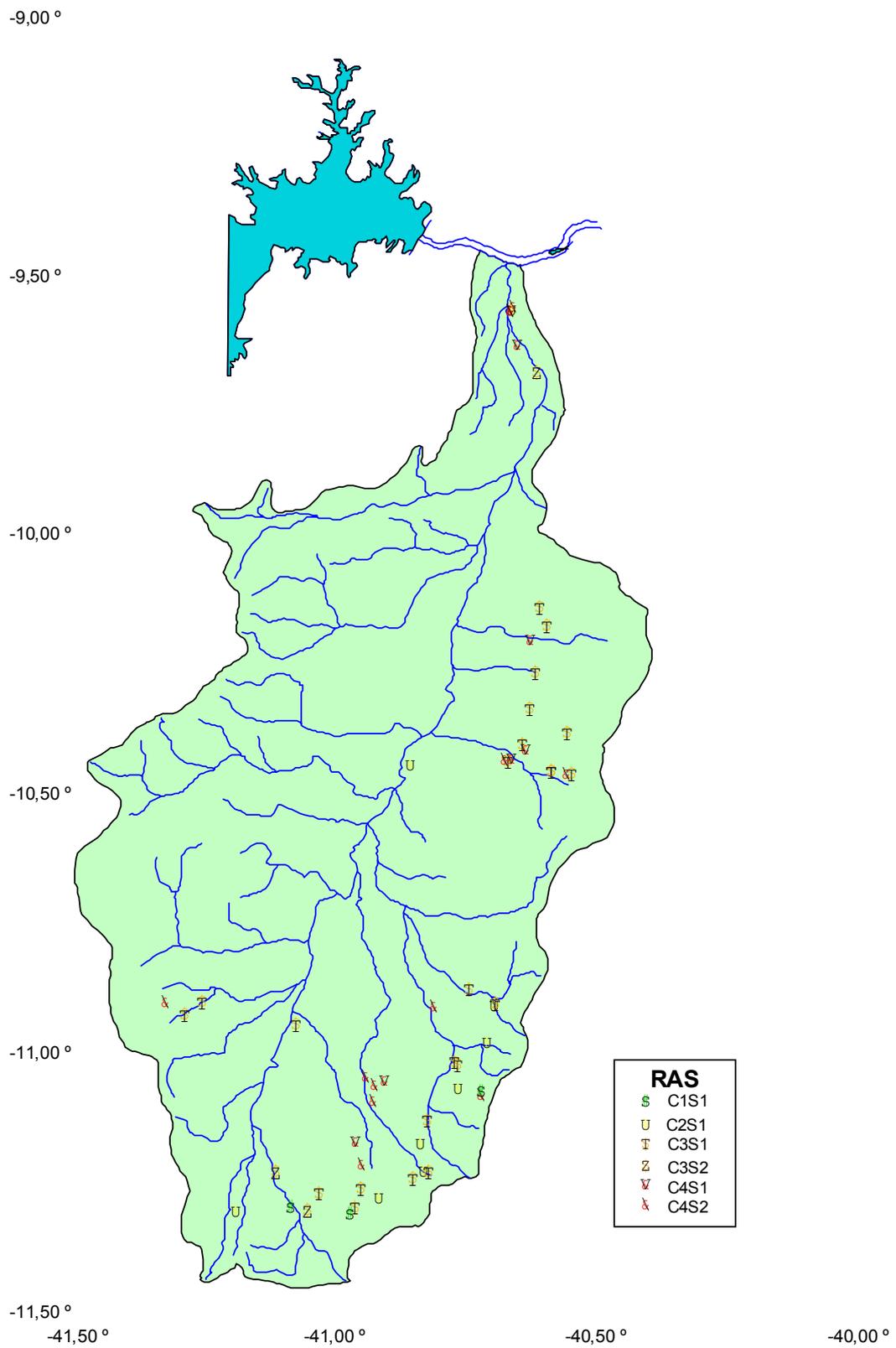


Figura 4.10 (b). Classificação das águas subterrâneas quanto a seu uso para irrigação, de acordo com Richards (1954), no período sem chuvas.

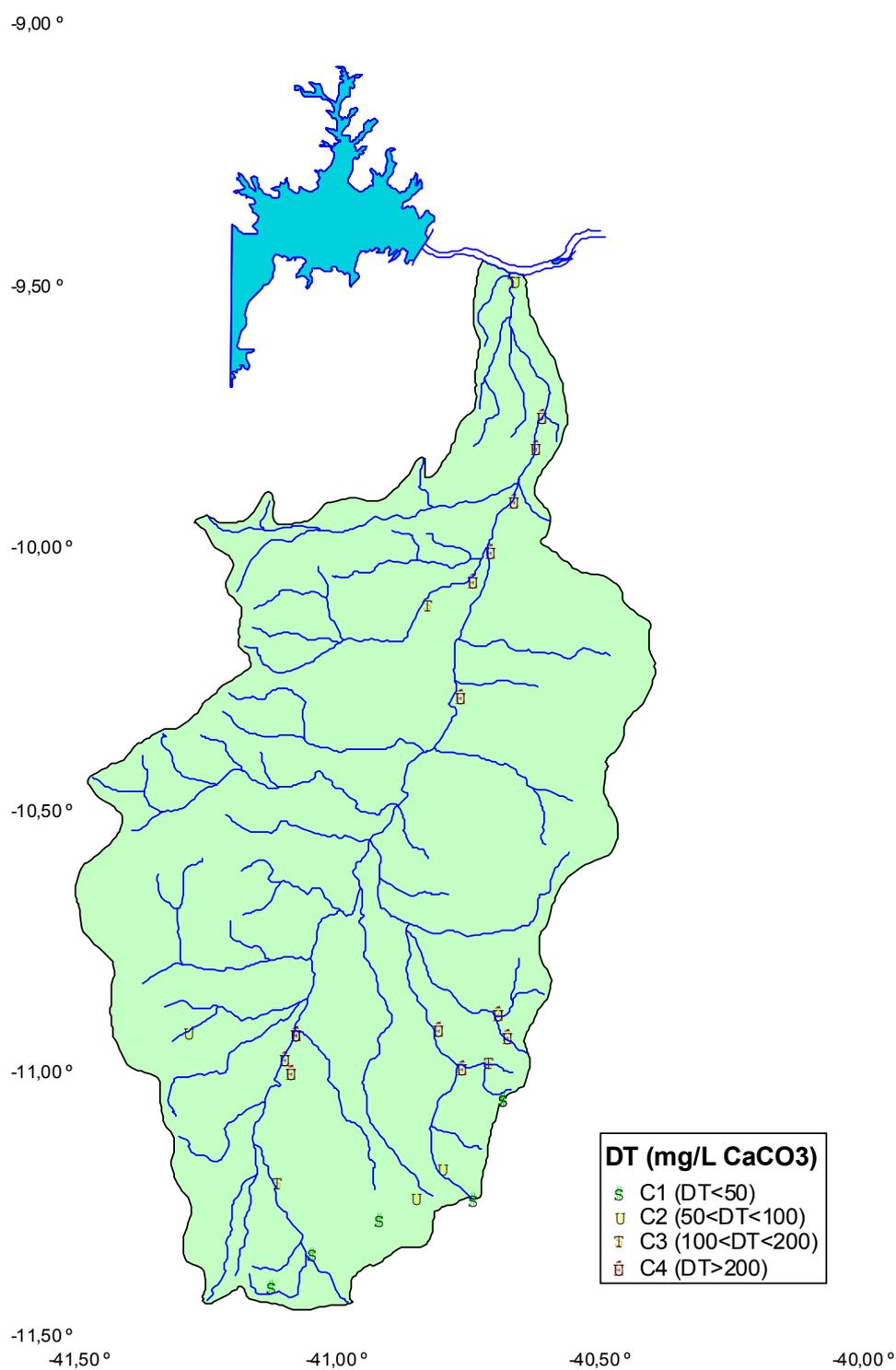


Figura 4.11 (a). Distribuição espacial da dureza total (DT) nas fontes hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre no período sem chuvas.

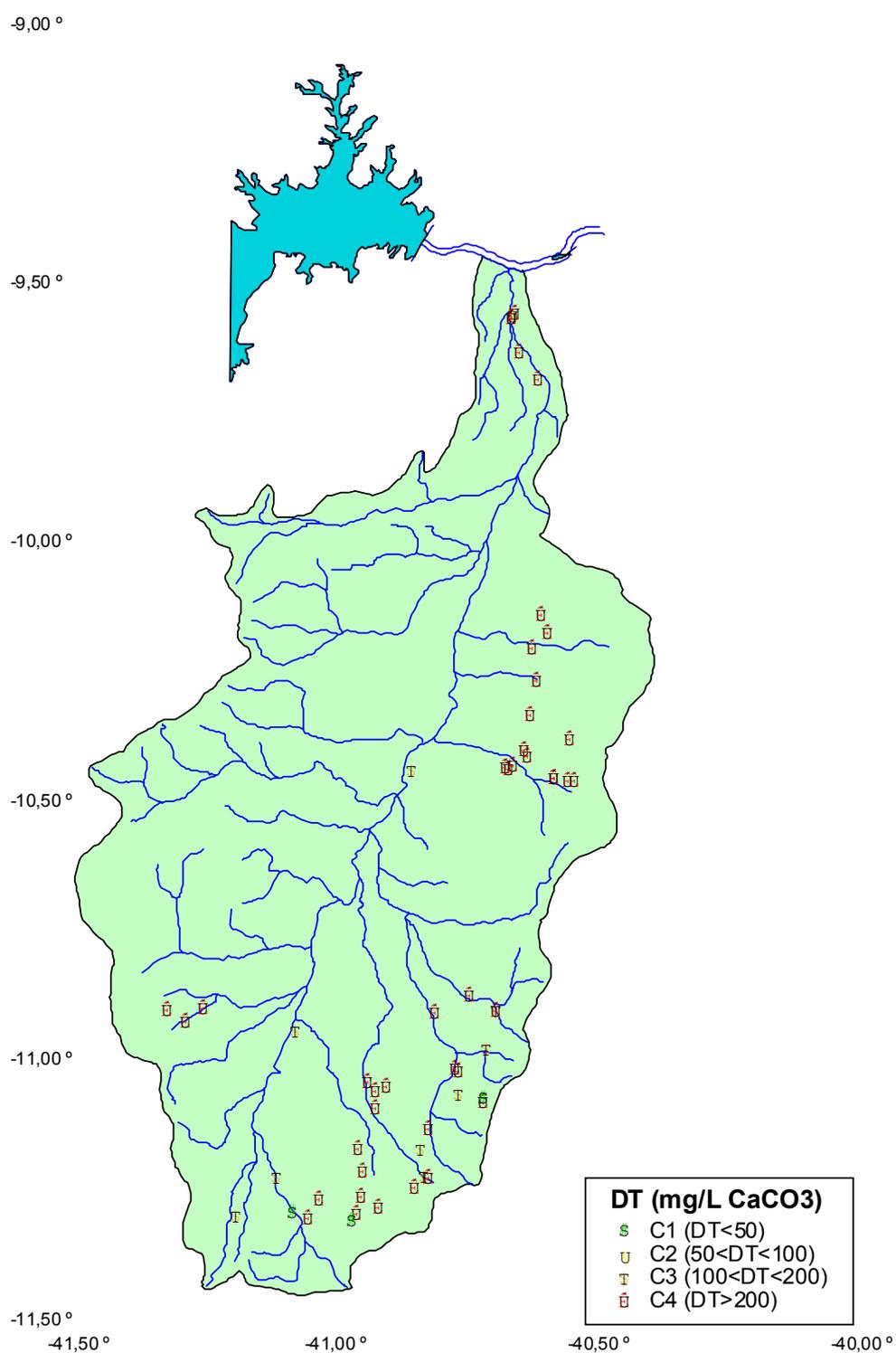


Figura 4.11 (b). Distribuição espacial da dureza total (DT) nas fontes hídricas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre no período sem chuvas.

Por isso, Logan (1965) recomenda para este tipo de uso, águas com valores de durezas inferiores a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . A Resolução 20/86 do CONAMA (1986) não faz referências ao limite da dureza total das águas para diferentes usos. Águas duras, quando usadas em indústrias, podem provocar incrustações em tanques e caldeiras; por outro lado, águas muito brandas são corrosivas. Segundo Rodríguez e Covas (2001), águas duras utilizadas para aplicação de agroquímicos podem afetar a emulsividade e a dispersão da solução e, logo, a fitotoxicidade; isto porque, íons de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Fe}^{++}$  reagem com os sais e com os sulfatos dos produtos químicos, precipitando-se como sais insolúveis.

No contexto do uso das águas para irrigação, deve-se considerar as elevadas concentrações de cloreto nas águas, pois tanto as fontes superficiais quanto as subterrâneas apresentaram altos percentuais de cloreto (CIP), considerado prejudicial às plantas sensíveis a partir de 12%. De modo semelhante, em todas as fontes hídricas, o índice de corrosividade das águas está acima do limite recomendado ( $\text{IL} < 0,10 \text{ mg L}^{-1}$ ), portanto, caracterizando-as como corrosivas (Tabela 4.7). Cavalcanti e Borges (2000), avaliando a qualidade das águas subterrâneas nas bacias do Piranhas e de Espinhares-PB, encontraram também águas corrosivas.

Com relação aos elementos nitrogenados presentes nas águas, foram analisados nitrato e amônio. No período das chuvas, as concentrações de nitrato nas águas superficiais e subterrâneas atingiram, respectivamente,  $38,17$  e  $177,40 \text{ mg L}^{-1}$ ; porém,  $77,10$  e  $51,4\%$  das fontes, apresentaram valores abaixo do máximo recomendado pelo CONAMA e pela OMS ( $10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ), para águas destinadas ao consumo humano. No período sem chuvas, o sensor da sonda multiparâmetros, responsável pela leitura do nitrato, apresentou problemas para a maioria das fontes hídricas, sendo, assim, excluído das análises.

Os valores de amônio nas águas superficiais e subterrâneas foram altos. No período das chuvas, mais de 90% das fontes estão acima dos recomendados ( $\text{NH}_4\text{-N} < 0,02 \text{ mg L}^{-1}$ ) para consumo humano (CONAMA, 1986), alcançando máximos de  $9,69$  (JAC1) e  $20,41 \text{ mg L}^{-1}$  (CVELHO); no período sem chuvas, estes valores atingiram  $5,58$  e  $7,67 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente. Na Figura 4.12 observam-se as variações dos teores do oxigênio dissolvido (a) e de amônio (b) nas fontes superficiais nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV).

Em concentrações extremas de amônio ( $\text{NH}_4\text{-N} > 2,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) algumas espécies de peixes apresentam convulsões, estado de coma e morte; em concentrações

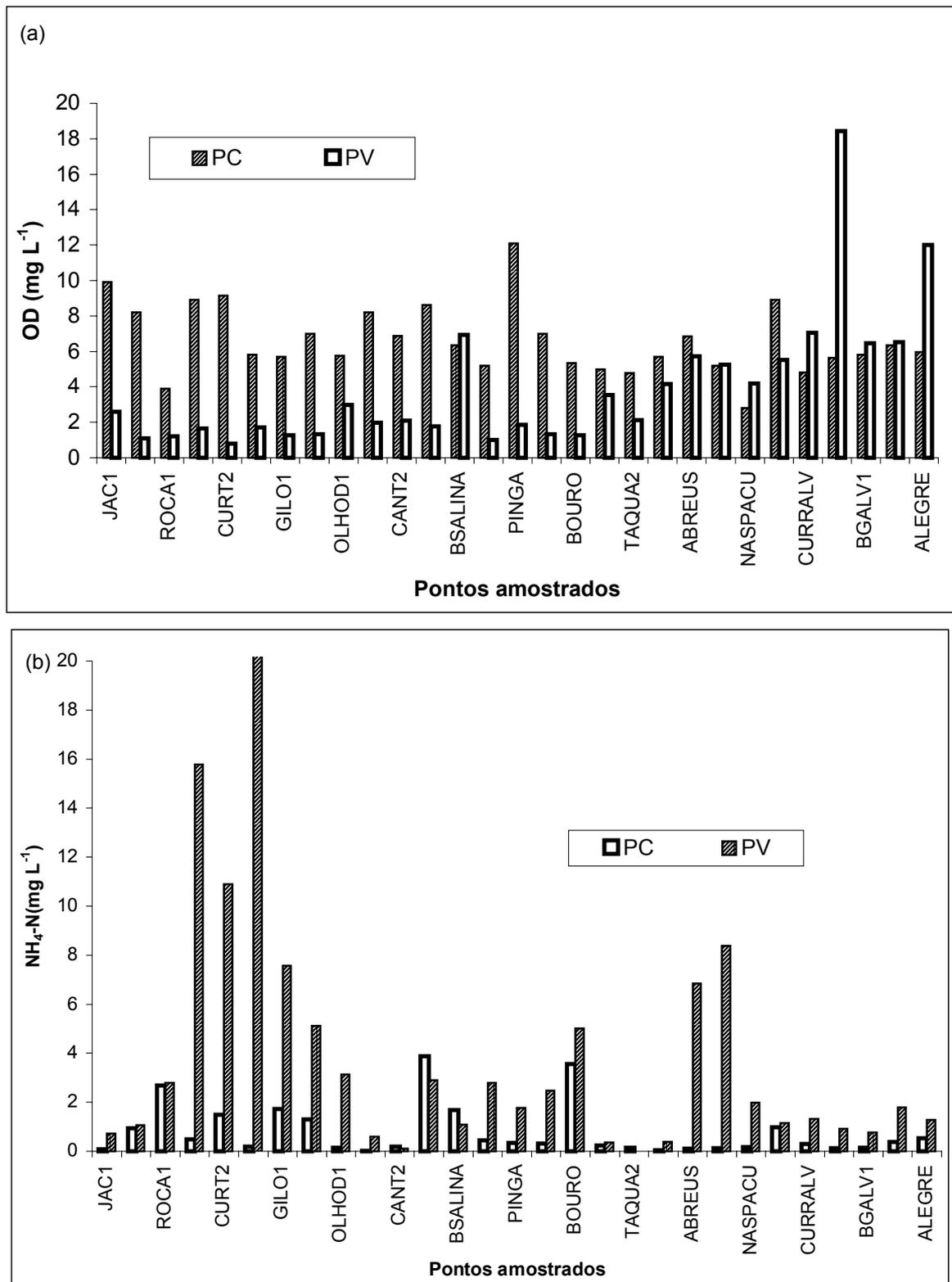


Figura 4.12. Variações nas concentrações de oxigênio dissolvido (a) e amônio (b) nas fontes superficiais nos períodos de chuvas e sem chuvas.

moderadamente altas, mesmo próximas aos limites aceitáveis, apresentam redução de crescimento, baixa taxa de reprodução, redução no desenvolvimento morfológico e injúrias nas guelras, fígado e rins, devendo, portanto, o amônio ser permanentemente monitorado em ambientes aquáticos, além de ser um indicador de poluição aquática (Hermes e Silva, 2001; Chapman e Kimstach, 1997).

De modo geral, altas concentrações de nitrato e de amônio nas águas da bacia do Salitre estão relacionadas com a degradação de compostos orgânicos nitrogenados, matéria orgânica do solo e da água e, principalmente, com excrementos de animais, uma vez que o consumo se faz diretamente na fonte.

Também, foram analisadas, no período das chuvas, as concentrações de clorofila-a nas águas para indicar o grau de poluição orgânica, que, normalmente, está associado aos altos níveis de nitrogênio e fósforo. Para a bacia do Salitre, pode-se observar que as águas superficiais estão eutrofizadas ou em processo de eutrofização, cujas concentrações de clorofila-a variam de 0,10 a 93,10  $\mu\text{g L}^{-1}$ , sendo o máximo obtido no riacho BREJ1, seguido pela lagoa CATLAG (79,30  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), caracterizando um estado avançado de eutrofização. Segundo Chapman e Kimstach (1997), corpos de água com baixos índices de nutrientes têm baixos níveis de clorofila-a ( $<2,5\mu\text{g L}^{-1}$ ), classificando-se como oligotróficos, enquanto que águas com altos teores de nutrientes, classificadas como eutróficas, apresentam altos níveis de clorofila-a (5-140  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), podendo atingir níveis superiores a 300  $\mu\text{g L}^{-1}$ . A Figura 4.13 apresenta as variações dos teores de nitrogênio, resultantes da soma do nitrato mais o amônio, clorofila-a e fósforo total no período das chuvas, sendo que o fósforo total foi analisado nos sedimentos.

Para as condições tropicais brasileiras, principalmente para a região semi-árida, informações sobre processos de eutrofização são limitadas. Isto se deve, provavelmente, às dificuldades inerentes aos procedimentos de amostragem e de análise dos níveis de nitrogênio total e fósforo total. Como a eutrofização está diretamente relacionada à concentração de clorofila-a (Branco, 1991; Nogueira, 1991; Araújo, 2000 e Chapman e Kismatach, 1997), logo, com a utilização de sondas multiparâmetros, de modo fácil e rápido, poder-se-á caracterizar os corpos de água quanto ao estado trófico e, assim, definir medidas de controle e manutenção da qualidade das águas nos reservatórios, diminuindo as ocorrências de doenças, como, também, os custos de tratamento de água, como recomendado por Cavalcanti *et al.* (2000) e Lima *et al.* (2000).

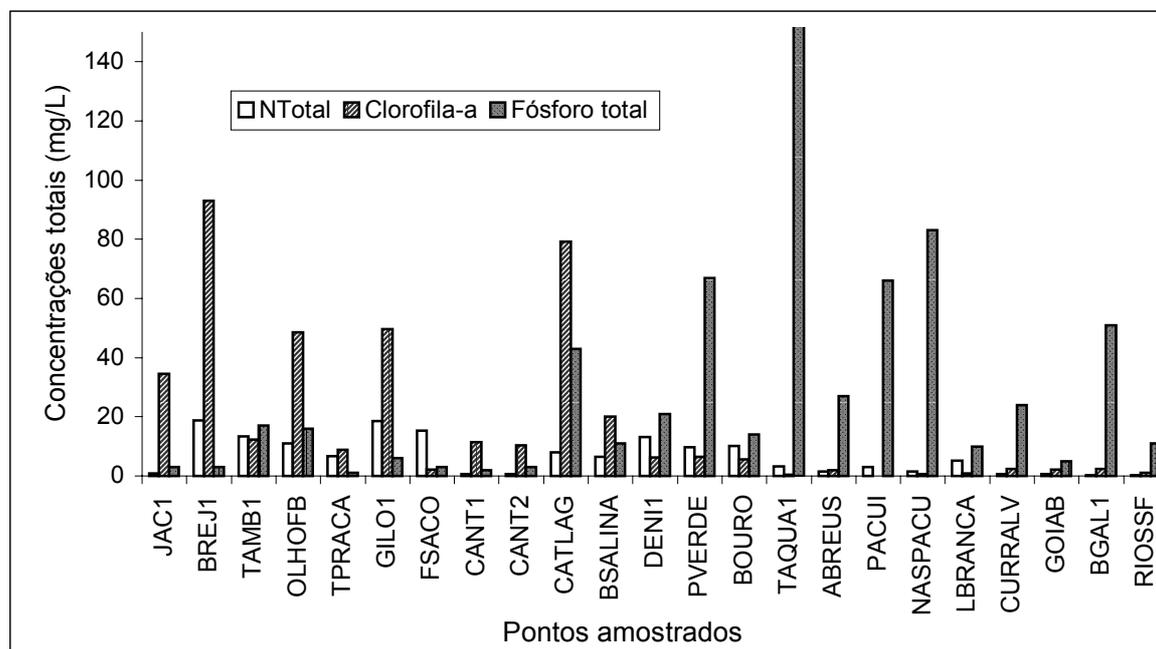


Figura 4.13. Concentrações de  $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4$  e fósforo totais dos sedimentos e de clorofila-a analisados nas fontes hídricas superficiais da bacia do Salitre no período das chuvas.

#### 4.3. Classificação Geoquímica das Águas Superficiais e Subterrâneas

A caracterização da composição geoquímica das águas foi obtida a partir dos resultados das análises químicas nas fontes hídricas superficiais e subterrâneas nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV), tomando-se como base as concentrações dos ânions e cátions principais. Para as fontes superficiais, observa-se que, em média, 80,78% das fontes analisadas foram caracterizadas como águas bicarbonatadas, das quais 73,9% são cálcicas-magnesianas-sódicas. Secundariamente, as águas cloretadas representam 17,71%, observando a predominância de íons de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Na}^+$  em 53,34% das amostras. Quanto às fontes subterrâneas, observa-se que, em média, 63,43% das amostras

também foram classificadas como bicarbonatadas e, destas, 71,34% são cálcicas-magnesianas-sódicas. As águas cloretadas representam 36,58% das fontes (Tabelas 4.12 e 4.13).

Presença de bicarbonatos nas águas de irrigação afeta a RAS da solução do solo, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde ocorrem elevadas taxas evapotranspirométricas, favorecendo a redução da disponibilidade de água no solo e, como os sais praticamente não são eliminados, a concentração salina da água no solo aumenta de maneira a alcançar os limites de solubilidade dos íons de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  desta solução. Quando isto ocorre, estes sais precipitam, diminuindo a concentração de cálcio e magnésio da solução do solo e, finalmente, aumentando a RAS.

#### **4.4. Análise de Regressão**

Algumas variáveis de qualidade de águas são facilmente determinadas em campo, utilizando-se aparelhos simples e apropriados, como os condutivímetros, pH-metros, sondas, etc, e, a partir destas variáveis, é possível estimar outras variáveis por meio de suas correlações, utilizando-se regressões, tornando-se, assim, de grande interesse prático e de baixo custo, como recomendado por Laraque (1989), em estudos sobre a qualidade das águas de alguns açudes do Nordeste semi-árido.

Na bacia hidrográfica do Salitre, variáveis como condutividade elétrica (CE), cloretos (Cl) e clorofila-a, de fácil determinação no campo com o uso de sondas multiparâmetros, foram utilizadas como variáveis independentes no modelo de regressão linear que melhor se ajustou aos dados, permitindo estimar, com certa segurança, o teor de sólidos dissolvidos totais (SDT), soma de cátions (SCat), dureza total (DT), amônio ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), por meio das equações da Tabela 4.14, em que se observa altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), tanto para as fontes superficiais quanto para as subterrâneas.

Tabela 4.12. Classificação geoquímica das águas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.

<b>Período de chuvas</b>										
Classes	Ca-Mg-Na		Mg-Na		Ca-Na		Na			
	Amostras	(%)								
Bicarbonatadas	9	34,61	9	34,62	-	-	-	-	-	-
Bicarbonatadas Cloretadas	16	61,54	10	38,46	4	15,38	1	3,85	1	3,85
Bicarbonatadas Sulfato-Cloretadas	1	3,85	1	3,85	-	-	-	-	-	-
Sub-Total	26	78,79	20	76,92	4	15,38	1	3,85	1	3,85
Cloretadas	6	18,18	4	66,67	1	16,67	-	-	1	16,67
Sulfato-Cloretadas	1	3,03	1	100	-	-	-	-	-	-
TOTAL	33	100	25	75,76	5	15,15	1	3,03	2	6,06
<b>Período sem chuvas</b>										
Classes	Ca-Mg-Na		Ca-Mg		Ca-Na		Na			
	Amostras	(%)								
Bicarbonatadas	4	16,67	3	12,50	1	4,17	-	-	-	-
Bicarbonatadas Cloretadas	18	75,00	13	54,18	-	-	2	8,32	3	12,50
Bicarbonatadas Sulfato-Cloretadas	2	8,33	1	4,16	-	-	1	4,16	-	-
Sub-Total	24	82,76	17	70,83	1	4,17	3	12,50	3	12,50
Cloretadas	5	17,24	2	40,00	-	-	-	-	3	60,00
TOTAL	29	100	19	65,52	1	3,45	3	10,34	6	20,69

Tabela 4.13. Classificação geoquímica das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.

<b>Período de chuvas</b>											
Classes	Ca-Mg-Na		Mg-Na		Ca-Na						
	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)			
Bicarbonatadas	3	8,33	3	8,33	-	-	-	-	-	-	-
Bicarbonatadas-Cloretadas	29	80,56	19	52,78	9	25,0	1	2,78			
Bicarbonatadas -Sulfato-Cloretadas	4	11,11	1	2,78	3	8,33	-	-			
Sub-Total	36	67,92	23	63,89	12	33,33	1	2,78			
Cloretadas	17	32,08	11	64,71	5	29,41	1	5,88			
TOTAL	53	100	34	64,15	17	32,08	2	3,77			

<b>Período das chuvas</b>												
Classes	Ca-Mg-Na		Ca-Mg		Ca-Na		Mg-Na		Na			
	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)	Amostras	(%)
Bicarbonatadas	5	15,15	5	15,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Bicarbonatadas-Cloretadas	28	84,85	21	63,64	2	6,06	2	6,06	3	9,09	-	-
Sub-Total	33	58,93	26	78,79	2	6,06	2	6,06	3	9,09	-	-
Cloretadas	23	41,07	18	78,25	1	4,35	1	4,35	2	8,70	1	4,35
TOTAL	56	100	44	78,75	3	5,36	3	5,36	5	8,92	1	1,79

Tabela 4.14. Equações de regressão linear das variáveis de qualidade das águas subterrâneas e superficiais da bacia hidrográfica do Salitre.

Funções	Equações	R <sup>2</sup>
<b>Fontes Subterrâneas</b>		
SDT = f(CE)	SDT = 679,87(CE) - 38,80	0,98**
Σ Cátions = f(CE)	Σ Cátions = 9,74(CE) + 0,39	0,99**
Dureza Total = f(CE)	DT = 304,22(CE) + 21,66	0,90**
Dureza Total = f(Cl)	DT = 33,19(Cl) + 188,43	0,84**
Σ Cátions = f(Cl)	Σ Cátions = 1,09Cl + 5,43	0,96**
<b>Fontes Superficiais</b>		
SDT = f(CE)	SDT = 634,85(CE) + 48,96	0,94**
Σ Cátions = f(CE)	Σ Cátions = 9,49(CE) + 0,83	0,99**
Dureza Total = f(CE)	DT = 262,39(CE) + 54,53	0,91**
Σ Cátions = f(Cl)	Σ Cátions = 1,21(Cl) + 2,91	0,92**
Dureza Total = f(Cl)	DT = 32,16(Cl) + 117,71	0,78**
Amônio = f(Clorofila-a)	NH <sub>4</sub> -N = 0,05(clorofila-a) + 0,07	0,51**

\*\*Significativos ao nível de 1% de probabilidade, segundo teste t-Student.

#### **4.5. Classificação das Fontes Hídricas Utilizando Análise Multivariada**

Foram aplicadas técnicas de análise fatorial em componentes principais e de agrupamento ao conjunto de 15 e 17 variáveis de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre, correspondendo às fontes subterrâneas analisadas em 1984 e nos períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, respectivamente. Estudos semelhantes foram realizados nas fontes hídricas superficiais, analisando-se, separadamente, de acordo com as características lânticas e lóticicas das fontes, em ambos períodos. Também, foram aplicadas aos resultados obtidos durante o monitoramento realizado na parte baixa do Salitre.

A partir da análise de correlação aplicada às variáveis de qualidade das águas, observou-se que a maioria destas são fortemente correlacionadas, com alta significância ( $P \leq 0,0001$ ). Nestas análises, foram considerados três fatores, para não se obter variáveis fatoriais com percentuais de explicação da variância total muito baixos; porém, as variâncias totais e acumuladas obtidas em cada período foram elevadas.

##### **4.5.1. Fontes Hídricas Subterrâneas**

A Análise Fatorial em componentes principais aplicada aos dados de qualidade das águas subterrâneas obtidos em 1984 condensou as variáveis analisadas em três fatores ordenados, explicando 86,99% da variância total. O Fator 1 (F1) foi responsável por 61,73% desta variância. As variáveis com maiores cargas fatoriais, neste fator, foram Cl (0,994), CE (0,955), Na (0,937), embora as demais variáveis também apresentem forte relação com este fator, dados os elevados valores das cargas fatoriais e das comunalidades finais, sendo que esta representa o quanto da variância da variável é reproduzida pelos fatores comuns (Tabela 4.15).

Por sua vez, o Fator 2 (F2) responde por 15,20% da variância total e inclui variáveis com altos valores de comunalidades finais como bicarbonato (91,09%), nitrato (75,99%) e pH (50,39%); enquanto o Fator 3 (F3) está influenciado pela presença de íons de ferro e cálcio, com 74,79% e 83,96% de comunalidades finais, respectivamente, elementos estes relacionados aos nutrientes presentes nas águas.

Tabela 4.15. Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Salitre, analisadas nos períodos sem chuvas de 1984 (PV84), de chuvas (PC01) e sem chuvas de 2001 (PV01).

PV84					PC01					PV01				
Variáveis	F1	F2	F3	CF*(%)	Variáveis	F1	F2	F3	CF*(%)	Variáveis	F1	F2	F3	CF*(%)
Cl	<b>0,994</b>	0,009	0,100	99,78	Cl	0,978	0,013	0,072	96,22	SDT	<b>0,989</b>	0,057	0,041	98,26
CE	<b>0,955</b>	0,263	0,010	99,08	SDT	<b>0,977</b>	0,158	0,068	97,91	CE	<b>0,988</b>	-0,060	0,025	98,52
Na	<b>0,937</b>	0,271	0,149	97,49	CE	<b>0,972</b>	0,158	0,068	97,46	Cl	<b>0,988</b>	-0,061	0,025	98,07
K	<b>0,893</b>	-0,295	-0,234	94,07	DT	<b>0,967</b>	0,096	-0,052	94,75	DT	<b>0,959</b>	0,007	-0,032	92,06
DT	<b>0,885</b>	0,389	0,191	97,20	Mg	<b>0,867</b>	0,325	0,145	87,93	Na	<b>0,896</b>	0,115	0,027	81,69
Mg	<b>0,884</b>	0,385	-0,126	94,69	Na	<b>0,862</b>	0,364	0,23	92,95	Ca	<b>0,848</b>	-0,239	-0,009	77,81
SDT	<b>0,882</b>	0,327	0,060	88,90	Ca	<b>0,856</b>	-0,129	-0,217	79,70	Mg	<b>0,845</b>	0,278	-0,051	79,41
RAS	<b>0,852</b>	0,302	0,130	83,50	SO <sub>4</sub>	<b>0,662</b>	0,453	0,233	69,85	SO <sub>4</sub>	<b>0,816</b>	0,322	-0,177	80,07
SO <sub>4</sub>	<b>0,724</b>	0,578	0,098	86,86	HCO <sub>3</sub>	0,363	<b>0,762</b>	-0,203	75,42	RAS	<b>0,508</b>	0,126	0,062	27,76
HCO <sub>3</sub>	0,177	<b>0,917</b>	0,197	91,09	pH	-0,084	<b>0,698</b>	0,287	57,68	pH	0,224	<b>0,793</b>	-0,092	68,71
NO <sub>3</sub>	0,074	<b>0,774</b>	-0,394	75,99	RAS	0,470	<b>0,531</b>	0,361	63,51	HCO <sub>3</sub>	0,163	<b>0,782</b>	0,003	63,80
pH	0,269	<b>0,644</b>	-0,128	50,39	OD	-0,009	<b>0,523</b>	-0,011	27,39	CO <sub>3</sub>	-0,219	<b>0,697</b>	-0,061	53,81
Fe	-0,09	-0,308	<b>0,802</b>	74,79	T	0,262	<b>0,407</b>	-0,339	35,40	NH <sub>4</sub>	0,106	0,146	<b>0,698</b>	52,04
Ca	0,480	0,219	<b>0,749</b>	83,96	K	0,495	-0,108	<b>0,799</b>	89,52	K	0,464	0,188	<b>0,628</b>	64,54
-	-	-	-	-	NH <sub>4</sub>	0,549	-0,051	<b>0,685</b>	77,38	Fe	0,004	-0,115	<b>0,191</b>	40,97
-	-	-	-	-	CO <sub>3</sub>	-0,073	0,164	<b>0,555</b>	34,09	OD	0,309	0,482	<b>-0,524</b>	60,31
-	-	-	-	-	Fe	0,492	0,014	<b>-0,493</b>	48,52	T	0,204	0,206	<b>-0,716</b>	59,77
ϑ (%)**	61,73	15,20	10,06		ϑ (%)	48,92	12,30	10,86		ϑ (%)	45,19	14,02	9,12	
ϑ <sub>A</sub> (%)***	61,73	76,93	86,99		ϑ <sub>A</sub> (%)	48,92	61,22	72,08		ϑ <sub>A</sub> (%)	45,19	59,21	68,33	

\*CF = Comunalidade Final; \*\*ϑ=Variância; \*\*\*ϑ<sub>A</sub>=Variância Total Acumulada.

A partir dos resultados obtidos nos períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, observa-se que os três fatores respondem conjuntamente por 72,08% e 68,33% da variância total acumulada. O Fator 1 responde por 48,92% e 45,19% desta variância, nos respectivos períodos, potencializado pelas variáveis Cl, SDT, CE, DT, Na, Ca, Mg e SO<sub>4</sub>, fortemente relacionadas com a salinidade das águas, cujas cargas fatoriais são superiores a 0,852, exceto para o SO<sub>4</sub>, que no período das chuvas a carga fatorial foi de 0,662; mesmo assim, é uma variável significativa. De acordo com Andrade (1989), são representativas aquelas variáveis cujas cargas fatoriais são as mais elevadas e devem sempre ser superiores a 0,30 (Tabela 4.15).

O Fator 2 responde por 12,30% e 14,02% da variância total e foi definido a partir das variáveis HCO<sub>3</sub> e pH, respondendo 75,42%; 57,68% e 63,80%; 68,71% da variação de cada variável reproduzida pelos fatores principais, ou seja, comunalidades finais, respectivamente nos períodos de chuvas e sem chuvas. Embora a variável OD participe deste fator no período das chuvas, contém baixos valores de carga fatorial (0,523) e de comunalidade final (27,39%) e não é uma variável representativa no contexto de qualidade das águas subterrâneas.

O Fator 3 é formado, em 1984, pelas variáveis Fe e Ca, com elevadas cargas fatoriais; porém, em 2001, está mais bem representado pelas variáveis K e NH<sub>4</sub> com 89,52%; 77,38%; 64,54% e 52,04% das comunalidades finais, para os respectivos períodos de chuvas e sem chuvas (Tabela 4.15).

Em função das maiores cargas fatoriais das variáveis que compõem os três fatores nos períodos, as 17 variáveis de qualidade das águas podem ser representadas por Fator 1: componente de salinidade; Fator 2: componente de alcalinidade e Fator 3: componente nutricional, nesta ordem de prioridade. Estas variáveis são determinantes na caracterização da qualidade das águas subterrâneas, potencializadas no primeiro fator aquelas que definem salinidade, ou seja, CE, Cl, SDT, DT, Na, Ca, Mg, e SO<sub>4</sub>.

A análise de agrupamento aplicada aos dados de qualidade das águas subterrâneas referentes aos períodos de 1984 (PV84) e de chuvas (PC01) e sem chuvas de 2001 (PV01), permitiu classificar as fontes hídricas em três grupos distintos, obtendo-se valores médios das variáveis para cada grupo. Em função destes valores e tendo-se como base a concentração de sais na água, representada pela condutividade elétrica (CE), os grupos foram hierarquizados, em ordem crescente do valor médio de cada variável, e

redefinidos em classes de qualidade das águas: Classe 1, Classe 2 e Classe 3, para padronizar a classificação e facilitar o seu entendimento.

A classe C1, considerada de melhor qualidade das águas, foi formada por 3, 35 e 29 fontes hídricas, compreendendo, nos períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, a mais de 74,47% e 61,70% das fontes. Nestes períodos, os valores médios dos sólidos dissolvidos totais foram elevados para esta classe (SDT = 724,86 e 650,34 mg L<sup>-1</sup>), sendo que, em 1984, apresentou menor valor (SDT = 199,00 mg L<sup>-1</sup>). A classe C2 foi formada por 7, 10 e 16 fontes hídricas, observando-se a predominância dos dados de 1984, com 58,33% das fontes. Nesta classe, os valores médios dos sólidos dissolvidos totais também foram elevados (SDT = 968,86; 2.089,0; 1.891,37 mg L<sup>-1</sup>), respectivamente. Na seqüência, a classe C3 concentra o menor número de fontes hídricas (2, 2, 2), porém com mais elevados valores de salinidade nos respectivos períodos analisados (SDT = 1.893,50; 4.900,00 e 5.243,50 mg L<sup>-1</sup>) (Tabelas 4.16 e 4.17).

Observam-se nas Tabelas 4.16 e 4.17, que a maioria das fontes hídricas enquadradas como C1 em 1984 (SUB84) permaneceram com este padrão em 2001; em outras fontes ocorreu melhoria da qualidade da água, passando da classe C2 para C1 e de C3 para C2. Da mesma forma, nos períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, em que 88% das fontes permaneceram como C1; para algumas variáveis ocorreram reduções nos valores médios das variáveis analisadas. Esta melhoria na qualidade das águas pode estar associada à maior demanda de água no período sem chuvas. A Figura 4.14 apresenta a distribuição espacial das classes das águas subterrâneas para a bacia hidrográfica do Salitre, obtidas pela análise de agrupamento.

Embora não tenham ocorrido grandes variações nas classes, os valores médios de algumas variáveis entre os períodos de 1984 e 2001 sofreram significativos aumentos, como, entre outras, para as variáveis CE (308,33%), Ca (526,32%), Cl (344,44%), DT (220,02%), decorridos 16 anos; porém entre os períodos de chuvas e sem chuvas de 2001 estes aumentos não foram significativos (Tabela 4.18), o que pode estar associado às condições naturais da bacia do Salitre. Variações nestes valores médios acima de 50% podem ser traduzidas como “impactos” na qualidade das águas.

Comparando os valores médios dos SDT obtidos nas classes 1, 2 e 3 com os valores apresentados pelo CONAMA (1986), quanto ao aspecto da salinidade, conclui-se que as águas subterrâneas da bacia do Salitre estão enquadradas como águas salobras (SDT > 500 mg L<sup>-1</sup>), apresentando, assim, limitações de uso; porém, na ausência de outras fontes

Tabela 4.16. Classificação das fontes hídricas subterrâneas nos diferentes períodos de coleta sem chuvas de 1984 (PV84), de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, utilizando análise de agrupamento.

Município	Código	Localização		Grupos:Classes		
		LAT	LONG	PV84	PC01	PV01
Morro Chapéu	TAMB2	11 13 52	41 06 12	G2:C2	G2:C1	G2:C1
Morro Chapéu	SMONIC	11 18 38	40 57 37	G3:C1	G2:C1	G2:C1
Morro Chapéu	MAX1	11 17 56	40 57 01	-	G2:C1	G2:C1
Morro Chapéu	VGRAND	11 18 21	41 02 29	-	G2:C1	G2:C1
Morro Chapéu	ICO2	11 16 19	41 01 16	-	G2:C1	G2:C1
Morro Chapéu	BREJ2	11 17 45	41 04 19	G3:C1	G2:C1	G2:C1
Morro Chapéu	OLHOF	10 55 42	41 16 30	G2:C2	G2:C1	G2:C1
Várzea Nova	VNOVA1	11 15 54	40 56 26	G2:C2	G2:C1	G2:C1
Várzea Nova	SANT2	11 13 47	40 48 43	G2:C2	G2:C1	G2:C1
Várzea Nova	GILO3	11 13 46	40 49 19	-	G2:C1	G2:C1
Várzea Nova	GILO2	11 14 45	40 50 29	-	G2:C1	G2:C1
Miguel Calmon	CURT1	11 17 03	40 54 27	-	G1:C2	G1:C2
Jacobina	CHOROR	11 07 58	40 48 48	G1:C3	G1:C2	G1:C2
Jacobina	LBAT1	11 04 28	40 42 29	-	G2:C1	G2:C1
Jacobina	OLHODAG	10 59 05	40 42 08	-	G2:C1	G2:C1
Jacobina	FBAR1	11 01 28	40 45 23	-	G2:C1	G2:C1
Jacobina	PCOLH1	11 02 43	40 55 47	-	G1:C2	G1:C2
Jacobina	PCOLH2	11 03 48	40 54 50	-	G1:C2	G1:C2
Jacobina	PCOLH3	11 05 40	40 54 53	-	G1:C2	G1:C2
Jacobina	PCOLH4	11 03 14	40 53 40	-	G2:C1	G1:C2
Jacobina	FBAR2	11 01 04	40 45 42	-	G2:C1	G2:C1
Jacobina	FSUMI	10 54 43	40 48 04	-	G1:C2	G1:C2
Ourolândia	PBARR	10 56 55	41 03 53	-	G2:C1	G2:C1
Ourolândia	GITIRANA	10 54 10	41 14 34	-	G2:C1	G2:C1

Continua

Município	Código	Localização		Grupos:Classes		
		LAT	LONG	1984	PC2001	PV2001
Ourolândia	FQUEIM	10 54 15	41 18 39	G2:C2	G2:C1	G2:C1
Mirangaba	TAQUA6	10 52 45	40 44 07	-	G2:C1	G2:C1
Mirangaba	TAQUA3	10 54 26	40 41 07	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	TIQUA1	10 27 55	40 32 16	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	TIQUA2	10 27 52	40 32 52	-	G1:C2	G1:C2
Campo Formoso	TIQUA3	10 27 33	40 34 34	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	TIQUA4	10 27 33	40 34 35	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	BARRET1	10 26 16	40 39 59	-	G3:C3	G3:C3
Campo Formoso	BARRET	10 26 22	40 39 36	-	G2:C1	G1:C2
Campo Formoso	BCAAT	10 26 50	40 50 45	G3:C1	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	BALDU	10 24 19	40 37 54	G2:C2	G2:C1	G1:C2
Campo Formoso	LPORCO	10 20 11	40 37 08	-	G2:C1	G1:C2
Campo Formoso	TIRIRICA	10 16 09	40 36 23	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	CURRALI	10 12 24	40 37 02	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	CAITITU	10 10 44	40 35 08	-	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	FBPRET	10 08 30	40 35 56	G2:C2	G2:C1	G2:C1
Campo Formoso	FNOVA	10 23 03	40 32 48	-	G2:C1	G1:C2
Juazeiro	HORTOS	09 33 44	40 38 55	G1:C3	G1:C2	G1:C2
Juazeiro	STEREZ1	09 34 11	40 39 18	-	G2:C1	G2:C1
Juazeiro	STEREZ2	09 34 11	40 39 18	-	G1:C2	G1:C2
Juazeiro	STEREZ3	09 34 11	40 39 18	-	G3:C3	G3:C3
Juazeiro	BARAUNA	09 38 12	40 38 24	-	G1:C2	G1:C2
Juazeiro	ALDEIA	09 41 23	40 36 16	-	G2:C1	G1:C2
			C1	3 (25,0%)	35 (74,3%)	29 (61,7%)
Número de fontes e freqüência por Classe			C2	7 (58,3%)	10 (21,3%)	16 (34,0%)
			C3	2 (16,7%)	2 (4,3%)	2 (4,3%)

Tabela 4.17. Valores médios das principais características das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos sem chuvas de 1984 (PV84), de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, obtidos através da análise de agrupamento.

<b>PV84</b>										
Classes	Grupos	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	Ca	Mg	Na	K		
									----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	
1	3	0,24	199,00	6,36	0,60	1,00	1,34	0,11		
2	2	1,29	968,86	7,36	1,14	6,86	4,34	0,17		
3	1	3,25	1893,50	7,47	5,80	12,50	11,80	0,94		
		HCO <sub>3</sub> ----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )		
1	3	1,38	0,11	1,17	0,16	3,59	1,39	79,96		
2	2	5,05	1,86	5,61	0,05	20,77	2,04	413,47		
3	1	4,65	2,89	23,12	0,15	5,28	3,89	914,62		
<b>PC01</b>										
Classes	Grupos	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	
									----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	
1	2	28,09	1,09	724,86	7,24	5,30	1,47	5,42	4,12	
2	1	28,29	3,26	2089,00	7,35	6,29	7,69	13,01	9,82	
3	3	29,87	7,03	4900,00	7,02	4,68	29,45	22,75	16,26	
		K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )
1	2	0,16	0,19	4,27	1,65	5,07	0,07	0,53	2,13	344,90
2	1	0,44	0,28	5,09	3,17	22,7	0,14	2,19	3,11	1034,5
3	3	0,48	0,20	6,53	3,95	57,9	0,26	2,07	3,20	2608,2
<b>PV01</b>										
Classes	Grupos	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	
									----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	
1	2	27,64	0,98	650,34	7,27	3,42	2,36	3,44	3,53	
2	1	27,13	2,80	1891,37	7,62	6,52	7,14	9,58	11,55	
3	3	29,93	7,40	5243,50	7,65	7,27	31,40	27,15	19,10	
		K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )
1	2	0,18	0,12	3,75	0,24	5,20	0,01	0,47	2,21	290,34
2	1	0,35	0,10	4,47	0,86	22,25	0,14	0,80	4,02	836,22
3	3	0,55	0,00	4,50	1,44	67,70	0,30	1,27	3,53	2926,9

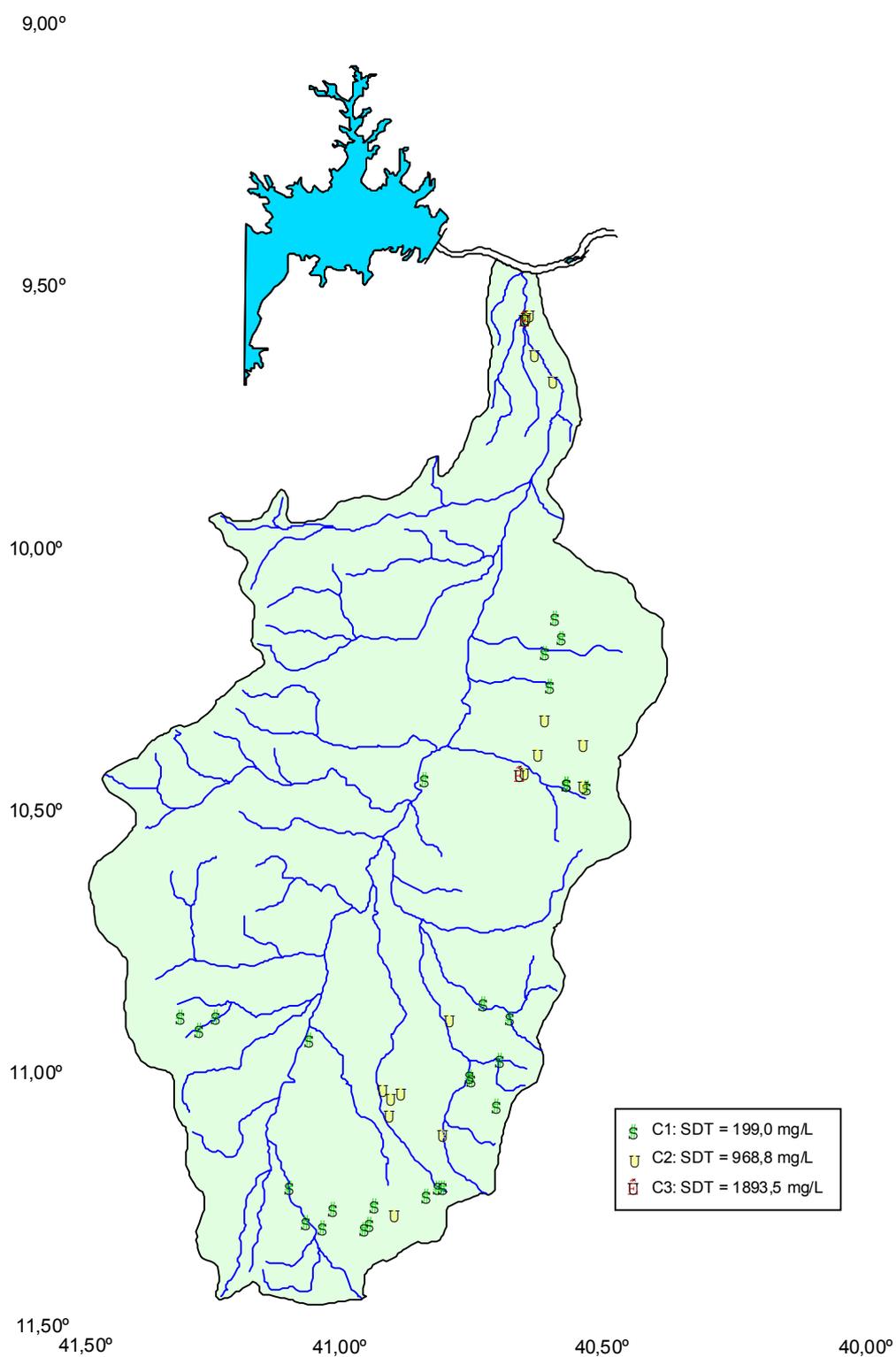


Figura 4.14. Distribuição espacial das classes das fontes hídricas subterrâneas para a bacia hidrográfica do Salitre, obtidas pela análise de agrupamento.

Tabela 4.18. Variações percentuais nos valores médios das principais características das águas subterrâneas ocorridas entre os períodos sem chuvas de 1984 (PV84) e de 2001 (PV01) e entre os períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.

Classes		PV84 x PV01					
	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	Ca	Mg	Na	K
	----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----						
C1	(+) 308,33	(+) 226,80	(+) 14,31	(+) 293,33	(+) 244,00	(+) 163,43	(+) 63,64
C2	(+) 117,05	(+) 95,22	(+) 3,53	(+) 526,32	(+) 39,64	(+) 166,13	(+) 105,9
C3	(+) 127,69	(+) 176,92	(+) 2,41	(+) 441,38	(+) 117,20	(+) 61,86	(-) 41,49
	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe	RAS	DT	
	----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----			(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol L) <sup>-1/2</sup>	(mg L <sup>-1</sup> )	
C1	(+) 171,74	(+) 118,18	(+) 344,44	(-) 93,75	(+) 58,99	(+) 256,11	
C2	(-) 11,49	(-) 53,76	(+) 296,61	(+) 180,00	(+) 97,06	(+) 102,24	
C3	(-) 3,23	(-) 50,17	(+) 191,82	(+) 100,00	(-) 9,25	(+) 220,02	
		PC01 x PV01					
	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	
C1	(-) 1,60	(-) 10,09	(-) 10,28	(+) 0,41	(-) 35,47	(+) 60,54	
C2	(-) 4,10	(-) 14,11	(-) 9,46	(+) 3,67	(+) 3,66	(-) 7,15	
C3	(+) 0,20	(+) 5,26	(+) 7,01	(+) 8,97	(-) 55,34	(+) 6,62	
	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	
	----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----						
C1	(-) 36,53	(-) 14,32	(+) 12,50	(-) 36,84	(-) 12,18	(-) 85,45	
C2	(-) 26,36	(+) 17,62	(-) 20,45	(-) 64,29	(-) 12,18	(-) 72,87	
C3	(+) 19,34	(+) 17,47	(+) 14,58	(-) 100,00	(-) 31,09	(-) 63,54	
	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> - N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )		
C1	(+) 2,56	(-) 85,71	(-21,29)	(+) 3,76	(-) 15,82		
C2	(-) 1,90	0,00	(+54,69)	(+) 29,26	(-) 19,17		
C3	(+) 16,88	(+) 15,38	(-53,51)	(+) 10,31	(+) 12,22		

hídricas, a comunidade deve procurar medidas que visem a melhoria da qualidade dessas águas para consumo humano, uma vez que estas constituem a principal fonte de abastecimento.

A partir dos resultados obtidos com as análises fatorial e de agrupamento, pode-se observar que para a maioria das fontes hídricas analisadas não ocorreram variações significativas nas classes entre os períodos de 1984 e 2001, decorridos 16 anos, e entre os períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, concluindo-se que as características das águas subterrâneas estão fortemente relacionadas com a formação geológica da bacia em estudo. Estes resultados sugerem medidas de monitoramento dos recursos hídricos para a bacia que podem ser realizadas com baixa frequência e nos poços mais representativos do ponto de vista de uso pela comunidade, considerando-se as diferentes unidades geológicas e as variáveis relacionadas com a salinidade, identificadas pela análise fatorial em componentes principais, e, assim, auxiliar na definição de medidas eficazes de usos, aumentando a disponibilidade e melhorando a qualidade das águas em toda a bacia hidrográfica do Salitre.

#### **4.5.2. Fontes Hídricas Superficiais**

##### **4.5.2.1. Barragens/Açudes**

As fontes superficiais de águas foram analisadas de acordo com suas características lânticas e lólicas, isto é, analisadas separadamente as fontes que compõem as barragens/açudes e os rios/riachos. Analisando os resultados obtidos para as barragens/açudes a partir da análise fatorial em componentes principais, observaram-se que os três fatores principais explicam 83,50% e 74,98% da variância total acumulada nos períodos de chuvas e sem chuvas. O Fator 1 responde por 59,80% e 52,06% da variância total e está fortemente representado por variáveis relacionadas com a salinidade das águas (Na, SDT, Ca, Cl, CE) em ambos períodos, cujas cargas fatoriais são elevadas ( $a_{ik} > 0,800$ ), à semelhança das fontes subterrâneas. O Fator 2 agrupa variáveis como  $SO_4$ , Mg,

DT, HCO<sub>3</sub>, T, no período das chuvas, e HCO<sub>3</sub> e T no período sem chuvas, uma vez que o Fe tem influência negativa (Tabela 4.19).

O Fator 3 agrupa, no período das chuvas, variáveis como OD, RAS, Fe, e apenas a variável K no período sem chuvas, uma vez que OD e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> têm carga negativa (Tabela 4.19). A influência negativa da variável oxigênio dissolvido (OD) neste fator pode indicar que com a redução do volume de água armazenada nos reservatórios neste período, devido ao aumento do consumo pelos diversos usos e pela elevadas taxas evapotranspirométricas, ocorreu maior concentração de solutos, principalmente sais, proporcionando maior decomposição da matéria orgânica, com a redução das taxas de oxigênio nas águas, ao mesmo tempo, aumentando o íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), que no período das chuvas está potencializado no Fator 1.

Em virtude das elevadas cargas fatoriais das variáveis que participam de cada Fator, pode-se denominá-los como Fator 1: componente de salinidade; Fator 2: componente de alcalinidade; e Fator 3: componente nutricional. Como os fatores são obtidos de forma hierárquica, medidas prioritárias de gestão e monitoramento de qualidade das águas devem ser implementadas de forma a reduzir a concentração de íons de sais nas águas.

A partir dos resultados obtidos pela análise de agrupamento para as barragens/açudes, observa-se que para os períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01), 61,54% e 76,92%, que correspondem a 8 e a 10 fontes, foram classificadas como C1, ou seja, águas de melhor qualidade quanto à concentração salina quando comparadas com as das outras fontes, apresentando valores médios para sólidos dissolvidos totais relativamente baixos (SDT = 138,25 e 209,40 mg L<sup>-1</sup>), nos respectivos períodos (Tabelas 4.20 e 4.21), observando-se que praticamente não ocorreram variações nas classes entre períodos. Apenas as barragens TAMB1 e CURT2, classificadas como C2 no período das chuvas e no período sem chuvas, passou para C1.

A mudança de classes das fontes hídricas entre os períodos, com conseqüências na melhoria da qualidade das águas, está associada ao carreamento de sais do solo para as fontes hídricas, proporcionando maior concentração de solutos no início do período das chuvas, e como as precipitações pluviométricas ocorridas nesta região foram suficientes para que a água armazenada nestes reservatórios atingisse a cota máxima do sangradouro, ocorreu renovação das águas destas fontes, melhorando sua qualidade no período seguinte.

Tabela 4.19. Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas das barragens da bacia hidrográfica do Salitre, nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.

PC01					PV01				
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	CF*(%)	Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	CF*(%)
K	<b>0,954</b>	0,049	-0,142	93,30	Na	<b>0,885</b>	0,264	0,201	89,39
NH <sub>4</sub>	<b>0,939</b>	-0,061	-0,192	92,25	SO <sub>4</sub>	<b>0,848</b>	-0,050	-0,336	83,58
Na	<b>0,858</b>	0,395	-0,271	96,71	Cl	<b>0,845</b>	0,467	0,050	93,47
SDT	<b>0,831</b>	0,452	-0,008	89,59	SDT	<b>0,837</b>	0,491	0,123	95,87
Ca	<b>0,824</b>	0,444	0,115	88,92	CE	<b>0,818</b>	0,544	0,087	97,46
Cl	<b>0,811</b>	0,481	-0,113	90,25	Ca	<b>0,738</b>	0,391	-0,415	87,13
CE	<b>0,789</b>	0,576	-0,141	97,48	DT	<b>0,718</b>	0,648	-0,118	95,02
CO <sub>3</sub>	<b>0,757</b>	0,372	0,195	75,09	RAS	<b>0,668</b>	-0,375	0,342	70,37
pH	<b>0,572</b>	-0,026	0,386	47,69	pH	<b>0,476</b>	0,432	0,070	41,84
SO <sub>4</sub>	0,065	<b>0,896</b>	-0,141	82,64	CO <sub>3</sub>	<b>0,135</b>	0,804	0,174	69,45
Mg	0,627	<b>0,741</b>	-0,043	94,35	Mg	<b>0,656</b>	0,697	0,003	91,68
DT	0,688	<b>0,709</b>	-0,014	97,66	HCO <sub>3</sub>	0,621	<b>0,684</b>	0,023	85,55
HCO <sub>3</sub>	0,634	<b>0,656</b>	-0,197	87,19	T	0,099	<b>0,434</b>	0,025	19,93
T	0,037	<b>0,512</b>	0,231	31,75	Fe	-0,059	<b>-0,412</b>	0,401	33,45
OD	-0,161	-0,268	<b>0,927</b>	95,72	K	0,288	0,421	<b>0,676</b>	71,76
RAS	0,528	-0,008	<b>-0,684</b>	74,68	OD	0,270	0,151	<b>-0,700</b>	58,63
Fe	-0,259	-0,425	<b>-0,776</b>	85,02	NH <sub>4</sub>	0,270	0,151	<b>-0,700</b>	58,63
g <sup>**</sup> (%)	59,80	14,10	9,60		g <sup>**</sup> (%)	52,06	14,04	8,88	
g <sub>Acum.</sub> (%)	59,80	73,90	83,50		g <sub>Acum.</sub> (%)	52,06	66,09	74,98	

\* CF = Comunalidade Final

\*\* g = Variância explicada por cada Fator

Tabela 4.20. Classificação das barragens/açudes da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001, utilizando análise de agrupamento.

Município	Código	Localização		Grupos:Classes	
		LAT.	LONG.	PC	PV
<b>Barragens/Açudes</b>					
Ourolândia	BOURO	10 58 35	41 05 13	G1:C3	G1:C3
Morro do Chapéu	TAMB1	11 12 51	41 06 09	G3:C2	G2:C1
Várzea Nova	CURT2	11 17 00	40 54 35	G3:C2	G2:C1
Jacobina	BSALINA	10 55 14	40 47 38	G3:C2	G3:C2
Ourolândia	PVERDE	11 00 09	41 04 33	G3:C2	G3:C2
Morro do Chapéu	ROCA1	11 20 51	41 02 09	G2:C1	G2:C1
Morro do Chapéu	OLHOFB	10 55 42	41 16 21	G2:C1	G2:C1
Várzea Nova	FSACO	11 11 22	40 47 22	G2:C1	G2:C1
Miguel Calmon	TPRACA	11 14 37	40 43 48	G2:C1	G2:C1
Jacobina	OLHOD1	10 59 06	40 42 05	G2:C1	G2:C1
Jacobina	CANT1	11 03 20	40 40 27	G2:C1	G2:C1
Jacobina	CANT2	11 03 16	40 40 25	G2:C1	G2:C1
Mirangaba	TAQUA4	10 56 03	40 39 51	G2:C1	G2:C1
			C1	8 (61,5%)	10 (76,9%)
Número de fontes e frequência por Classes			C2	4 (30,8%)	2 (15,4%)
			C3	1 (7,7%)	1 (7,7%)

Tabela 4.21. Valores médios das principais características das águas das barragens da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, obtidos pela análise de agrupamento.

<b>PC01</b>										
Classes	Grupos	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----			
1	2	25,95	0,15	138,25	6,65	6,15	0,35	0,31	1,17	
2	3	28,07	0,90	772,50	8,11	7,22	1,55	4,87	3,34	
3	1	26,74	2,81	1.854,00	7,99	5,33	2,90	12,30	11,13	
Classes	Grupos	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe	NH <sub>4</sub> -N	RAS	DT
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----			
							(mg L <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol L <sup>-1/2</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )
1	2	0,17	0,00	0,88	0,17	0,88	2,51	0,64	1,92	33,10
2	3	0,32	0,50	3,82	0,90	4,87	0,05	1,14	1,74	321,14
3	1	1,33	1,20	5,60	0,44	21,20	0,02	3,57	4,04	759,79
<b>PV01</b>										
Classes	Grupos	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----			
1	3	27,34	0,34	209,40	6,20	1,86	0,71	0,65	2,19	
2	2	28,15	1,69	1.134,50	7,40	3,97	4,70	6,70	6,17	
3	1	27,63	3,30	2.199,00	8,00	1,26	2,90	14,40	14,33	
Classes	Grupos	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe	NH <sub>4</sub> -N	RAS	DT
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----			
							(mg L <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol L <sup>-1/2</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )
1	3	0,41	0,03	1,54	0,07	2,03	0,95	0,99	2,83	67,99
2	2	0,35	0,00	4,30	0,37	13,65	0,03	0,53	2,54	569,99
3	1	1,44	0,40	6,70	0,13	25,50	0,00	2,81	4,87	865,25

Para as fontes classificadas como C2 e C3, os valores médios obtidos para sólidos dissolvidos totais são elevados (SDT = 772,50; 1.134,50 e de 1.854,0; 2.199,0 mg L<sup>-1</sup>), independente do período (Tabelas 4.20 e 4.21). De acordo com a classificação do CONAMA (1986), no contexto da salinidade, as fontes hídricas superficiais classificadas como C1 podem se enquadrar na classificação das águas doces (SDT ≤ 500 mg L<sup>-1</sup>), sem restrições de uso, e as das classes C2 e C3, como águas salobras (SDT > 500 mg L<sup>-1</sup>) e, portanto, apresentam limitações de uso, embora, muitas vezes, são estas as únicas fontes hídricas disponíveis nas comunidades.

Embora as variações nas classes definidas pela análise de agrupamento não tenham sido significativas, em função das características próprias e da variabilidade das condições climáticas desta região, o monitoramento da qualidade das águas pode ser realizado, inicialmente, com uma frequência bimestral, em fontes hídricas representativas do ponto de vista das influências antrópicas, como próximas a áreas irrigadas, de extração mineral, entre outras, e, seqüencialmente, depois de definidas as medidas de recuperação/manutenção da qualidade das águas, em relação dos usos preponderantes, poder-se-á adequar o monitoramento em função do manejo integrado dos fatores do sistema de produção utilizado.

Entre as medidas para melhoria da qualidade das águas, podem-se citar aquelas voltadas para conservação dos solos das áreas circunvizinhas às barragens, reduzindo os processos erosivos e o transporte de elementos à base de nitrogênio e fósforo, que favorecem a eutrofização, além de reduzir a sedimentação dos reservatórios, o que diminuiria a capacidade de armazenamento de água; deve-se evitar, também, que o consumo dos animais seja diretamente na fonte, uma vez que seus dejetos favorecem diferentes processos de poluição.

#### **4.5.2.2. Rios/riachos**

A análise fatorial em componentes principais aplicada aos dados de qualidade das águas dos rios/riachos apresentou três fatores principais que explicam 86,92% e 71,25% da variância total acumulada, nos períodos de chuvas e sem chuvas. No período das chuvas, o Fator 1 agrega variáveis também relacionadas à salinidade das

águas, sendo Cl ( $a_{ik}= 0,969$ ), Na ( $a_{ik}= 0,963$ ),  $SO_4$  ( $a_{ik}= 0,897$ ), se confundindo com o próprio fator; no período sem chuvas, as variáveis mais significativas foram DT ( $a_{ik}= 0,929$ ),  $HCO_3$  ( $a_{ik}=0,909$ ) e Mg ( $a_{ik}= 0,838$ ), embora as demais tenham também expressiva contribuição. O Fator 2 agrega as variáveis  $HCO_3$ , DT, Mg,  $CO_3$  e Fe, com influência negativa, e Na, RAS, Cl nos respectivos períodos, enquanto o Fator 3, em ambos períodos, apresenta se caracteriza pela presença de T e OD, sendo que o OD tem influência negativa no período das chuvas, e no sem chuvas esta influência está representada pelo amônio ( $NH_4$ ) (Tabela 4.22).

Pela Tabela 4.22, observam-se diferenças na participação das variáveis nos Fatores 1 e 2 em relação aos períodos analisados, muito embora, todas estas variáveis estejam diretamente relacionadas com a salinidade das águas, à semelhança das barragens. A maioria das variáveis que compõem o Fator 1 no período das chuvas passa a compor o Fator 2 sem chuvas (Cl, Na, RAS e  $SO_4$ ). De forma semelhante, as que compõem o Fator 1 no período sem chuvas formam o Fator 2 no período das chuvas ( $HCO_3$ , DT, Mg,  $CO_3$ , Ca e Fe). O Fator 3 é formado pelas variáveis T, pH e OD, no período das chuvas, sendo que OD tem carga negativa, e por OD, T e  $NH_4$ , no período sem chuvas, com a  $NH_4$  com influência negativa, à semelhança dos resultados apresentados para as barragens.

A análise de agrupamento aplicada aos dados globais, isto é, de toda a bacia hidrográfica, classificou as fontes rios/riachos em classes de acordo com as características das águas. Dos treze pontos analisados no rio Salitre e em seus afluentes, sete foram classificados como C1 e doze como C2, nos respectivos períodos, como pode ser observado na Tabela 4.23, cujas águas apresentam melhor qualidade, quando comparadas com as da classe C3. No geral, não ocorreram variações nas classes entre os períodos; apenas os pontos nos rios/riachos TAQUA2, ABREUS e BGALV mudaram de C1 para C2, e GOIAB de C2 para C3, ocorrendo, assim, uma degradação da qualidade das águas.

Ao contrário do que ocorreu com as barragens TAMB1 e CURT2, a qualidade das águas nos pontos TAQUA2, ABREUS, BGALV e GOIAB sofre influências das atividades agrícolas relacionadas com a agricultura irrigada, intensivamente explorada nas sub-bacias III e V, como discutido no item (4.1), sendo também favorecida pela ocorrência da redução da vazão do rio Salitre no período sem chuvas, proporcionando maior concentração de solutos nas águas.

Tabela 4.22. Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas dos rios/riachos da bacia hidrográfica do Salitre, nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.

Variáveis	PC01				Variáveis	PV01			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	CF*(%)		Fator 1	Fator 2	Fator 3	CF*(%)
Cl	<b>0,969</b>	0,139	-0,300	96,07	DT	<b>0,929</b>	0,293	-0,083	95,61
Na	<b>0,963</b>	0,133	-0,050	94,80	HCO <sub>3</sub>	<b>0,909</b>	0,116	-0,087	84,81
SO <sub>4</sub>	<b>0,897</b>	0,216	-0,118	86,55	Mg	<b>0,838</b>	0,280	0,189	81,79
SDT	<b>0,857</b>	0,358	0,158	88,85	pH	<b>0,811</b>	-0,087	0,273	74,03
NH <sub>4</sub>	<b>0,824</b>	0,211	0,379	86,84	CE	<b>0,789</b>	-0,576	-0,088	96,28
K	<b>0,802</b>	0,415	0,235	87,08	K	<b>0,708</b>	0,533	-0,120	80,04
CE	<b>0,798</b>	0,591	-0,076	99,21	SDT	<b>0,663</b>	0,622	-0,185	86,18
RAS	<b>0,674</b>	-0,531	-0,399	89,65	Ca	<b>0,658</b>	-0,179	-0,528	74,43
HCO <sub>3</sub>	0,216	<b>0,904</b>	0,086	87,17	CO <sub>3</sub>	<b>0,594</b>	-0,117	0,238	42,30
DT	0,493	<b>0,852</b>	0,136	98,88	Fe	<b>-0,741</b>	-0,027	0,003	55,08
Mg	0,523	<b>0,841</b>	-0,026	98,27	Na	0,309	<b>0,907</b>	0,084	92,53
CO <sub>3</sub>	-0,065	<b>0,786</b>	0,068	62,73	RAS	-0,219	<b>0,901</b>	-0,001	86,06
Ca	0,232	<b>0,594</b>	0,581	74,49	Cl	0,470	<b>0,813</b>	-0,077	88,83
Fe	-0,331	<b>-0,837</b>	-0,092	81,87	SO <sub>4</sub>	0,060	<b>0,642</b>	0,199	45,60
T	0,110	-0,176	<b>0,939</b>	92,56	OD	-0,112	0,285	<b>0,812</b>	75,31
pH	0,119	0,574	<b>0,623</b>	73,85	T	0,093	0,063	<b>0,168</b>	4,13
OD	0,506	-0,275	<b>-0,674</b>	78,64	NH <sub>4</sub>	-0,044	0,382	<b>-0,578</b>	48,17
$\mathfrak{G}^{**}$ (%)	53,49	23,09	10,33		$\mathfrak{G}^{**}$ (%)	46,13	15,89	9,23	
$\mathfrak{G}_{Ac.}$ (%)	53,49	76,59	86,92		$\mathfrak{G}_{Ac.}$ (%)	46,13	62,02	71,25	

\* CF = Comunalidade Final

\*\*  $\mathfrak{G}$  = Variância explicada por cada Fator

Tabela 4.23. Classificação das fontes hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC) e sem chuvas (PV) de 2001.

Município	Código	Localização		Grupos:Classes	
		LAT.	LONG.	PC	PV
<b>Rios/riachos</b>					
Morro do Chapéu	JAC1	11 24 39	41 06 49	G1:C1	G1:C1
Ourolândia	PINGA	10 55 45	41 03 59	G3:C3	G3:C3
Ourolândia	PINGA1	10 55 45	41 03 59	G3:C3	G3:C3
Mirangaba	TAQUA1	10 53 30	40 41 01	G2:C2	G2:C2
Mirangaba	TAQUA2	10 53 39	40 41 04	G1:C1	G2:C2
Campo Formoso	ABREUS	10 00 38	40 41 47	G1:C1	G2:C2
Campo Formoso	PACUI	10 04 01	40 43 51	G2:C2	G2:C2
Campo Formoso	NASPACU	10 06 48	40 49 00	G2:C2	G2:C2
Campo Formoso	CURRALV	09 54 54	40 39 07	G2:C2	G2:C2
Juazeiro	GOIAB	09 48 46	40 36 35	G2:C2	G3:C3
Juazeiro	ALEGRE	09 45 14	40 35 51	G3:C3	G3:C3
Juazeiro	BGALV1	09 29 49	40 39 16	G1:C1	G2:C2
Juazeiro	RIOSSF	09 29 49	40 39 10	G1:C1	G1:C1
Número de fontes e frequência por Classes			C1	5 (38,5%)	2 (15,4%)
			C2	5 (38,5%)	7 (53,8%)
			C3	3 (23,0%)	4 (30,8%)

Os valores médios dos sólidos dissolvidos totais em ambos períodos foram relativamente baixos: variaram de C1 = 129,55 a C3 = 664,28 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 4.24). A Tabela 4.25 contém as variações percentuais entre os períodos para as barragens e rios analisados neste trabalho, observando-se pequenas variações nas variáveis entre os períodos de chuvas e sem chuvas.

#### **4.5.3. Monitoramento da Qualidade das Águas do Baixo Rio Salitre**

Os resultados da análise fatorial e de agrupamento aplicadas aos dados do monitoramento de qualidade das águas do baixo Salitre ratificam os obtidos para os rios/riachos de toda a bacia hidrográfica do Salitre, observando-se que, de forma semelhante, o Fator 1 agrega variáveis que definem a concentração de sais nas águas, representando 48,33% da variância total, cujas cargas fatoriais são elevadas e variam de 0,971 (Cl) para 0,635 (Ca). Por sua vez, o Fator 2 apresenta expressiva associação com a vazão do rio e com as variáveis NH<sub>4</sub>-N, OD e NO<sub>3</sub>-N, relacionando-se à carga nutricional das águas. O Fator 3 agrupa variáveis como CO<sub>3</sub>, T, pH e, de forma indireta, com HCO<sub>3</sub>, estando associado à alcalinidade das águas, como pode ser observado na Tabela 4.26.

A partir dos resultados da análise de agrupamento, tendo como base os períodos das campanhas, a classe C1 se caracteriza por apresentar os mais baixos valores médios para as variáveis analisadas e, conseqüentemente, melhor qualidade das águas quando comparada às classes C2 e C3 (Tabela 4.27). Os valores médios dos sólidos dissolvidos totais (SDT) variaram de C1 = 528,03 a C3 = 954,0 mg L<sup>-1</sup>, durante o período de monitoramento.

Pela Figura 4.15, observa-se que dos quatro pontos monitorados (CURRALV, GOIAB, ALEGRE, PPRETO), apenas o ponto 1 (CURRALV) permaneceu como C1 durante todo o período do monitoramento. Nos pontos GOIAB e ALEGRE, ocorreram mudanças nas classes, variando de C2 para C3, enquanto no ponto 4 (PPRETO), nas análises referentes aos meses de outubro e dezembro, não havia água no rio.

Tabela 4.24. Valores médios das principais características das águas de rios/riachos da bacia hidrográfica do Salitre nos períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001, obtidos pela análise de agrupamento.

<b>PC01</b>											
Classes	Grupos	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na		
							----- (mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> ) -----				
1	1	28,55	0,25	105,20	6,66	6,59	0,70	1,36	0,70		
2	2	30,51	0,55	394,40	7,73	4,83	1,66	3,98	0,85		
3	3	29,28	0,97	650,00	7,50	8,32	1,30	5,20	2,37		
Classes	Grupos	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fé	NH <sub>4</sub> -N	RAS	DT	
		----- (mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> ) -----					(mg L <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol L) <sup>-1/2</sup>	(mg L <sup>-1</sup> )	
1	1	0,04	0,16	1,41	0,31	0,92	1,15	0,12	0,88	102,95	
2	2	0,09	0,52	4,01	0,43	1,48	0,12	0,24	0,50	281,89	
3	3	0,14	0,30	3,83	1,26	4,35	0,16	0,40	1,32	324,91	
<b>PV01</b>											
Classes	Grupos	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na		
							----- (mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> ) -----				
1	1	27,76	0,19	129,55	6,33	6,95	0,58	1,18	0,61		
2	3	28,59	0,57	389,70	7,78	4,99	1,50	3,82	0,67		
3	2	28,40	0,99	664,28	7,71	6,67	2,30	4,35	2,24		
Classes	Grupos	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fé	NH <sub>4</sub> -N	RAS	DT	
		----- (mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> ) -----					(mg L <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol L) <sup>-1/2</sup>	(mg L <sup>-1</sup> )	
1	1	0,04	0,09	1,06	0,30	0,91	0,89	0,20	0,80	87,75	
2	3	0,10	0,46	3,80	0,27	1,51	0,07	0,19	0,41	265,96	
3	2	0,17	0,23	4,12	0,66	4,46	0,06	0,33	1,23	332,80	

Tabela 4.25. Variações percentuais nos valores médios das principais características das águas das barragens/açudes e dos rios/riachos da bacia hidrográfica do Salitre, ocorridas entre os períodos de chuvas (PC01) e sem chuvas (PV01) de 2001.

Classes	Variações (%)					
	Barragens/açudes					
	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca ----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	Mg	Na
C1	(+) 18,61	(+) 0,12	(-) 76,36	-	(+) 17,07	(+) 28,75
C2	(+) 51,17	(-) 6,77	(-) 69,75	(+) 102,85	(+) 109,67	(+) 87,18
C3	(+) 46,86	(-) 8,75	(-) 45,00	(+) 203,22	(+) 37,58	(+) 84,73
	HCO <sub>3</sub> ----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	SO <sub>4</sub>	Cl	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )
C1	(+) 19,64	(-) 70,45	(+) 20,28	(-) 21,29	(+) 20,54	(+) 13,88
C2	(+) 75,00	(-) 58,82	(+) 130,68	(+) 54,69	(+) 47,39	(+) 105,40
C3	(+) 12,56	(-) 58,89	(+) 180,29	(-) 53,51	(+) 45,98	(+) 77,49
Rios/Riachos						
	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Mg	Na
C1	(+) 23,14	(-) 4,95	(+) 5,46	(-) 17,14	(-) 13,23	(-) 12,86
C2	(-) 1,19	(+) 0,65	(+) 3,31	(-) 9,63	(-) 4,02	(-) 21,17
C3	(+) 2,19	(+) 2,80	(-) 19,83	(+) 76,92	(-) 16,92	(-) 5,48
	HCO <sub>3</sub> ----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----	SO <sub>4</sub>	Cl	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )
C1	(-) 24,82	(-) 3,22	(-) 1,08	(+) 66,66	(-) 9,01	(-) 14,76
C2	(+) 5,23	(-) 37,21	(+) 2,03	(-) 20,83	(-) 18,00	(-) 5,65
C3	(+) 7,57	(-) 47,62	(+) 2,53	(-) 17,50	(-) 6,82	(+) 2,43

Tabela 4.26. Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade das águas superficiais da região do Baixo Salitre, coletadas durante o período de abril de 2001 a abril de 2002, obtidos pela análise fatorial.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidade Final (%)
Cl	<b>0,971</b>	0,066	-0,108	95,96
Na	<b>0,964</b>	-0,029	-0,127	94,75
RAS	<b>0,938</b>	-0,143	-0,105	91,25
Sal	<b>0,920</b>	0,139	-0,121	88,14
SDT	<b>0,919</b>	0,133	-0,111	87,53
CE	<b>0,911</b>	0,332	-0,150	87,15
DT	<b>0,894</b>	0,345	-0,106	93,02
Mg	<b>0,836</b>	0,053	0,344	82,01
SO <sub>4</sub>	<b>0,754</b>	0,394	-0,057	72,68
Ca	<b>0,635</b>	0,503	-0,502	90,87
Vazão	-0,309	<b>0,826</b>	0,268	84,95
NH <sub>4</sub> -N	0,304	<b>0,775</b>	-0,235	74,79
OD	0,417	<b>0,672</b>	0,124	64,19
NO <sub>3</sub> -N	0,369	<b>0,449</b>	-0,264	40,79
K	0,527	<b>-0,605</b>	-0,171	67,35
CO <sub>3</sub>	-0,131	-0,116	<b>0,883</b>	72,54
T	0,246	-0,034	<b>0,829</b>	75,05
pH	-0,095	0,091	<b>0,522</b>	29,02
HCO <sub>3</sub>	0,219	0,305	<b>-0,372</b>	27,97
Variância explicada por cada Fator (%)				
	48,33	15,40	11,02	
Variância Total Acumulada (%)				
	48,33	63,72	74,75	

Tabela 4.27. Valores médios das principais características das águas superficiais da parte Baixa do Salitre no período de abril de 2001 a abril de 2002, obtidos pela análise de agrupamento.

<b>Variáveis</b>						
<b>Classes</b>	<b>Grupos</b>	<b>Vazão</b> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	<b>T</b> (°C)	<b>CE</b> (dS m <sup>-1</sup> )	<b>SDT</b> (mg L <sup>-1</sup> )	
1	1	0,525	26,03	0,80	528,03	
2	3	0,484	27,33	1,11	728,00	
3	2	0,417	26,06	1,47	954,00	
<b>Classes</b>	<b>Grupos</b>	<b>pH</b>	<b>OD</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>
----- (mmol L)						
1	1	7,67	7,23	2,58	3,78	
2	3	7,55	10,36		5,77	4,83
3	2	7,69	10,26	3,50	4,54	3,14
<b>Classes</b>	<b>Grupos</b>	<b>K</b>	<b>CO<sub>3</sub></b>	<b>HCO<sub>3</sub></b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Cl</b>
1	1	0,13	0,24	4,75	0,32	2,81
2	3	0,15	0,00	5,28	1,27	8,25
3	2	0,17	0,08	5,29	0,65	5,70
	<b>Grupos</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>NO<sub>3</sub>-N</b> (mg L <sup>-1</sup> )	<b>DT</b> (mg L <sup>-1</sup> )	<b>RAS</b> (mmol L) <sup>-1/2</sup>	
1	1	2,62	39,93	318,31	0,90	
2	3	10,83	157,63	523,05	2,10	
3	2	5,51	109,18		1,57	

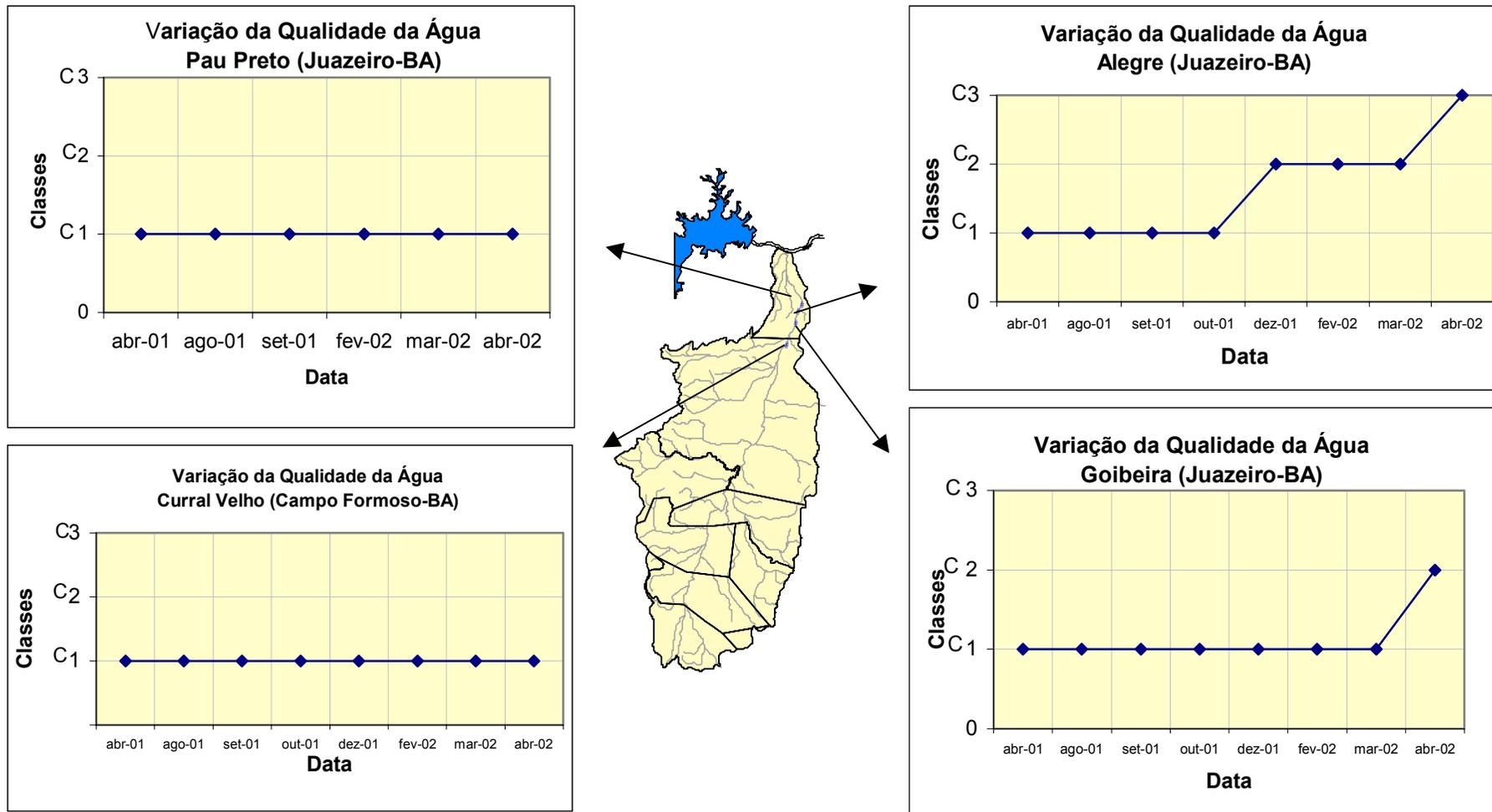


Figura 4.15. Classificação das águas analisadas na parte baixa do Salitre, utilizando análise de agrupamento, durante o período de abril de 2001 a abril de 2002.

As variações na qualidade das águas nestes pontos estão associadas à influência das atividades antrópicas, principalmente à agricultura irrigada, como discutido na sub-bacia V (item 4.1), observando-se que à medida que os pontos analisados se aproximam da foz, ocorrem aumentos nos valores das variáveis CE, Na e Cl (Figuras 4.16 a e b). Reduções das vazões do rio Salitre entre períodos de chuvas e sem chuvas também contribuem para a degradação da qualidade das águas pela maior concentração de solutos, principalmente na área sob influência da irrigação. A Figura 4.17 apresenta a distribuição espacial das classes de água obtidas para as fontes hídricas superficiais.

No contexto da gestão e monitoramento de qualidade das águas, deve-se ressaltar a necessidade de medidas de orientação/capacitação das comunidades, principalmente dos jovens, quanto à preservação dos recursos naturais, em geral, e dos recursos hídricos, em particular, visando a manutenção da capacidade produtiva dos solos e da qualidade das águas. Estas ações, a médio e longo prazos, refletem na saúde do homem e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade de vida dessa população.

Em estudos futuros, devem ser incluídas outras variáveis, como as bacteriológicas, nitrogênio total e fósforo total, como, também, outras relacionadas com princípios ativos dos agroquímicos, principalmente aqueles mais utilizados nas culturas irrigadas da região, cujo uso indiscriminado pode causar sérios problemas ambientais.

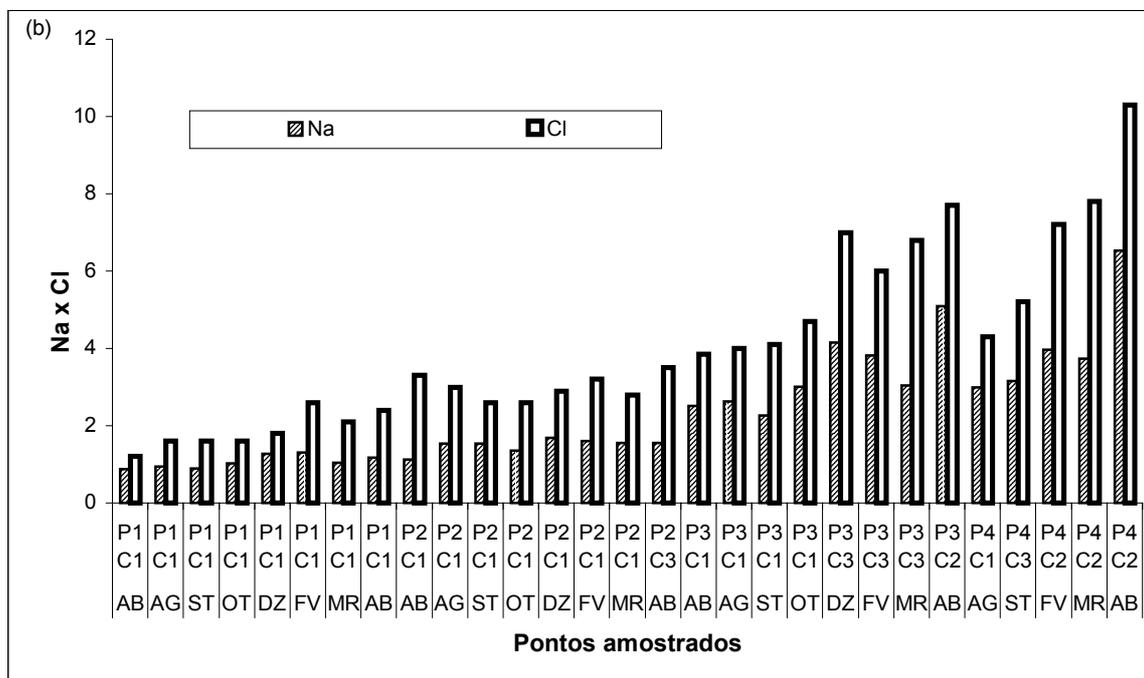
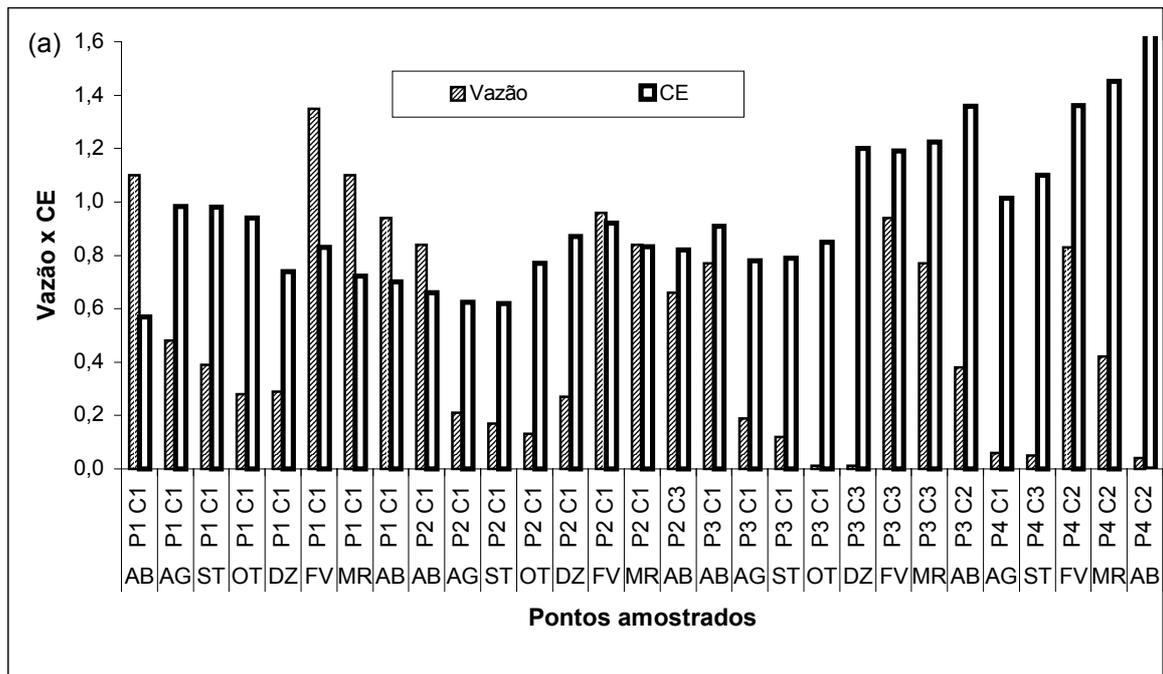


Figura 4.16. Variações da Vazão, CE (a) e Na e Cl (b), ocorridas durante o monitoramento da qualidade das águas do baixo Salitre, em função das classes (C) e do período de análise.

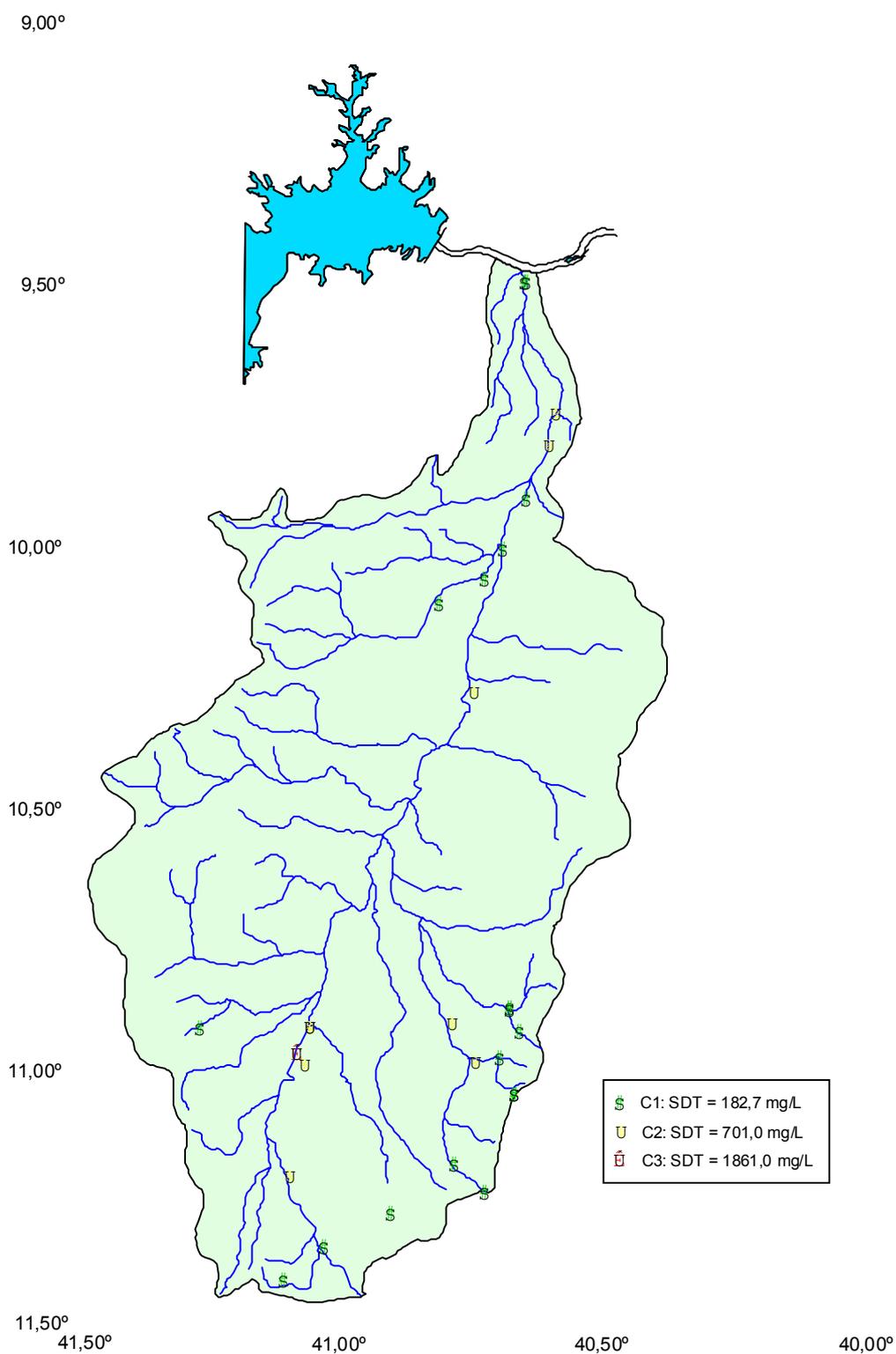


Figura 4.17. Distribuição espacial das classes das fontes hídricas superficiais para a bacia hidrográfica do Salitre, obtidas pela análise de agrupamento.

## **5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. CONCLUSÕES**

Com base nos dados históricos e no levantamento realizado sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre, pode-se concluir:

- as atividades antrópicas implementadas na bacia hidrográfica do Salitre são praticamente a agricultura e a pecuária. Porém, a influência dessa atividade sobre a qualidade das águas foi notada apenas em nível de parcela irrigada nas sub-bacias III e V, observando-se aumentos na salinidade das águas, dos solos e dos níveis de metais pesados;
- de modo geral, a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre deve-se aos fatores naturais, principalmente climáticos e geológicos, observando-se que mais de 80% e 63% das fontes superficiais e subterrâneas, respectivamente, foram classificadas como bicarbonatadas;

- os efeitos antrópicos sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Salitre não foram significativos em nível de sub-bacias. Dessa forma, foi realizada uma análise global da qualidade das águas utilizando-se análise fatorial em componentes principais e de agrupamento. A análise fatorial permitiu classificar as variáveis de maior significância na qualidade das águas, priorizando aquelas relacionadas com salinidade. A análise de agrupamento classificou as fontes hídricas de acordo com a qualidade das águas, em três classes;

- esses procedimentos de classificação deverão facilitar no processo de gestão de recursos hídricos, principalmente nas atividades de monitoramento e de utilização das águas;

## **5.2. RECOMENDAÇÕES**

- como recomendações para trabalhos futuros na bacia hidrográfica do Salitre, devem ser desenvolvidos modelos visando acompanhar o movimento de solutos até as fontes hídricas e definir medidas de prevenção e conservação das águas;

- o monitoramento de qualidade das águas na bacia hidrográfica do Salitre deve ser usado como um instrumento para controlar e evitar contaminações futuras, tanto nos aspectos dos recursos hídricos como dos solos.

## **6. LITERATURA CITADA**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL. **Atlas Hidrológico Brasileiro**. Versão 1.0. Brasília, 1998. 1 CD Rom.

AGUILERA, P. A.; CASTRO, H.; RESCIA, A.; SCHMITZ, M. F. Methodological development of an index of coastal water quality: application in a tourist area. **Environmental management**, New York, v. 27, n. 2, p. 295-301, 2001.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, C. de; VELLOSO, A. C. X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 271-276, 1992.

ANDRADE, L. N. V. de; LOPES H. L. Aplicação de modelos hidrológicos superficiais e subsuperficiais em bacias hidrográficas: Fase I – compilação do banco de dados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis:UFSC, 2000. p. 1-25.

ANDRADE, T. A. Métodos estatísticos e econométricos aplicados à análise regional. In: HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. de C.; BOISIER, S.; ANDRADE, T. A. (Ed.). **Economia regional: teorias e métodos de análise**. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989. p. 427-507.

ANDREOLI, C. Influencia de la agricultura en la calidad del agua. In: PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA AGRICULTURA Y ACTIVIDADES AFINS, 1992, Santiago. **Proceedings...** Roma: FAO Expert Consultation, 1993. p. 59-72. (Water Paper; 1).

ARAÚJO, J. C. de. Riscos de eutrofização de pequenos açudes no semi-árido. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Natal: ABRH. 2000. p. 214-221.

ARAÚJO, I. de C. P.; FREITAS, M. A. V. de; RIBEIRO, E. S.; SABBAG, S. K. Monitoramento da qualidade das águas no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos.** Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p.175-183. il.

AUZMENDI, I. A.; EVANGELISTA, I. M.; SILVA, H. P. Síntesis de los conocimientos sobre la hidrogeología de la cuenca del rio Verde e Jacaré, Irecê-BA, Brasil: In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2., 2002, Salvador,BA. **Resumos...** Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Tradução H. R. GHEYI; J. F. MEDEIROS; F. A. V. DAMACENO. Campina Grande: UFPB,1991. 218p. (FAO: Irrigação e Drenagem; 29) Revisado 1.

BARBOSA, F. R.; HAJI, F. N.; ALENCAR, J. A. de; MOREIRA, A. N.; TAVARES, S. C. C. de H.; LIMA, M. F.; MOREIRA, W. A. **Monitoramento de pragas e doenças na cultura da mangueira.** Petrolina,PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. 33 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Documentos; 150).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 5<sup>a</sup> ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 596 p.

BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Tradução M. Penchel, Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1980. 116 p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1979. 647 p.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editoras, USP/ABC, 1999. cap.19. p. 637-649.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: PORTO, R. LA L. (Ed.). **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991. p. 3-26.

BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. **Estado do mundo 2000**. Tradução H. MALLETT. Salvador: UMA Editora, 2000. 288 p.

BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. de. **Introdução à análise de agrupamentos**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA. 1990, São Paulo: ABE, 1990. 106 p.

CALAMARI, D. Evaluación del riesgo de los productos químicos usados en la agricultura mediante simples modelos de simulación. In: *Prevenção de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afíns: Proccedings...* Santiago: FAO. 1992. (Water Paper; 1). Roma. 1993. p. 225-239.

CAPELAS JUNIOR, A. O azul da terra. **Revista Super Interessante: ecologia**. São Paulo, p. 28-33, abr./jun. 2001.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CAVALCANTI, B. F.; BORGES, G. V. L. Influência da geoquímica e de parâmetros de salinidade nas águas subterrâneas das bacias do rio Espinhares e do Médio Piranhas-PB. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Natal: ABRH, 2000. p. 70-77.

CAVALCANTI, B. F.; SILVA, F. F.; GÓIS, R. S. S. Modelagem da poluição carbonácea e da eutrofização de lago no semi-árido paraibano. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Natal: ABRH. 2000. p. 222-230.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do Trópico Semi-Árido.** 1995. 192 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Biomédicas/Universidade de São Paulo, São Paulo.

CEDRAZ, M. Gestão de recursos hídricos em regiões semi-áridas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2., 2002, Salvador,BA. **Resumos...** Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO. **Avaliação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas do Estado da Bahia:** Bacia do rio Salitre. Salvador, 1986. 2v.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments.** 2. ed. London: WHO; UNEP; E&FN SPON, 1997. cap.3, p. 59-126.

CHENG, H. H. Pesticides in the soil environment. In: CHENG, H. H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment:** processes, impacts, and modeling. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p. 1-15.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Item.** Fortaleza: ABID. n. 49, p. 8-13, 2001.

COIMBRA, N. A ANA das águas. **Águas do Brasil,** Brasília, v. 1, n. 2, p. 18, abr./jun. 2000.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº. 20, julho de 1986** – Resolução CONAMA – 1984/86, Brasília: SEMA. 92 p. 1986.

CRUZ, S. F.; FARIA, H. H. de; GALBIATTI, J. A. Caracterização de parâmetros qualitativos e quantitativos da água da microbacia Água da Cachoeira, Paraguaçu, SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 258-269, 2002.

DOUGHERTY, T.C.; HALL, A. W. **Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects**. Roma: FAO, 1995. 75p. (FAO. Irrigation e Drainage; 53).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDEX – ANNUAL MEETING 2002, Geneva. **2002 environmental sustainability index**. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy; Geneva: Global Leaders for Tomorrow World Economic Forum; Columbia: CIESIN, 2002. Disponível em: <  
<http://www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI> > Acesso em: 25 jul. 2002.

FALCÃO, D.; FERRAZ, A.; SILVA, A.; MARINHO, M.; MOURA, A.; BOUVY, M. A importância do monitoramento das condições hidrogeológicas e das algas na avaliação e controle da qualidade das águas de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Natal: ABRH, 2000. p. 238-246.

FAUST, S. D.; ALY, O. M. **Chemistry of natural waters**. Stoneham: Ann Arbor: Science Publishers, 1981. 400p.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y. Resíduos em manga. **Cultivar HF**. Pelotas, v. 8, p. 25-26, 2001.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina(PE) e Juazeiro(BA). **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.1, n.1, 2001.

FLURY, M. Experimental evidence of transport of pesticides through field soils: a review. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, n.1, p. 25-45, 1996.

FORNO, D. A. Sustainable development starts with agriculture. In: FAIRCLOUGH, A. J. (Ed.). **Sustainable agriculture solutions: the actions report of the sustainable agriculture initiative**. London: The Novello Press, 1999. cap. 1, p. 8-11.

FREITAS, M. A. V. de, SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16. il.

FRIGHETTO, R. T. S. Impacto ambiental decorrente do uso de pesticidas agrícolas. In: MELO I. S. de; AZEVEDO, J. L. de. (Ed.). **Microbiologia Ambiental**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. cap.17, p. 415-438.

FUNDAÇÃO DE APOIO A RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA “DALMO CATAULI GIACOMETTI”. **Qualidade das águas das bacias hidrográficas da região de Juazeiro (BA), margem direita do rio São Francisco**: mapas de qualidade das águas de usos múltiplos. Brasília,DF, 2000, v.1, 160p. Relatório técnico.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes**: características gerais, nutrientes, elementos-traço e substâncias nocivas inorgânicas, e características biológicas. Florianópolis: FATMA/GTZ, 1999. pt.1, 108p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário - 1996**. Disponível em <http://sidra.FIBGE.gov.br/bda/>. Acesso em: 9 dez. 2002.

GARRIDO, R. J. O combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. In: FREITAS, M.A.V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 285-318.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Tradução M. J. Guazzelli. Porto Alegre: Editora Universitária/UFRGS, 2000. 653 p. il.

HERMES, L. C.; SILVA, A. de S. **Parâmetros básicos para avaliação da qualidade das águas: significado ambiental**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 23p. Projeto EcoÁgua: Treinamento de monitores ambientais.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras, 1999. cap.8. p. 249-303.

HOLANDA JÚNIOR, E. V. **Aspectos econômicos da produção de leite em três microrregiões de Minas Gerais**. 2000. 117 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

KETTELHUT, J. T. S.; RODRIGUEZ, F. A.; GARRIDO, R. J.; PAIVA, F.; CORDEIRO NETO, O.; RIZZO, H. Aspectos legais, institucionais e gerenciais. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 21-34. il.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes no Nordeste semi-árido brasileiro**. Recife: SUDENE/DPG/PRN/Grupo de trabalho de Hidrometeorologia, 1989. 95 p. il. (SUDENE. Hidrologia; 26).

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil**; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

LEPRUN, J.C. **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro**, 1983. 290p. 5 mapas anexo.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 73-82. il.

LIMA, L. C. T. M.; LIMA, H. V. C. Riscos de eutrofização em reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000. Natal. **Anais...** Natal: ABRH. 2000. p. 207-213.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de água**. Tradução A. M. de LEMOS. Recife: U.S. Agency for International Development, 1965. 75 p.

MACHADO, C. J. S. Por uma negociação sociotécnica na gestão integrada dos recursos hídricos. **ABRH-Notícias**, Porto Alegre, v. 7, p. 20-21, 2002.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. (Ed.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID/UFPE, 1997. p. 109-132.

MANOEL FILHO, J.; PEREIRA, V. X.; ANJOS, N. F. R. dos. Hidroquímica. In: **Elementos de hidrogeologia prática**. 2 ed, Recife: SUDENE, 1972. p. 265-351. (SUDENE. Hidrogeologia; 13).

MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: H. R. GHEYI; J. E. QUEIROZ; J. F. de MEDEIROS. (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 239-287.

MELLO, C. J. B. de. **Classificação das estações de medição de qualidade de água do rio Paraíba do Sul utilizando a análise de componentes principais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICO. 1998, Gramado. Disponível em: < <http://www.abrg.org.br/eventos> >. Acesso em: 7 fev 2002.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments**. 2 ed. London: Unesco; WHO; UNEP; E&FN SPON, 1997. cap.1, p. 1-22.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 1-6.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Política Nacional de Recursos Hídricos**: Legislação. Lei n° 9.984 de 17 de julho de 2000. Brasília, 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei n° 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

MOMPO, C. R.; ARMENTIA, J. A. O. **La agricultura y la contaminacion de las aguas por nitrato**. Madrid: MAPA/INRDA. 1992. 31p. (Hojas Divulgadoras; 7).

MOZETO, A. A. **Critérios de qualidade de sedimentos (CQS) para metais pesados: fundamentos teóricos**. São Carlos: UFSC, 2001. 86p. Disponível em: < <http://www.dq.ufscar.br/Labs/biogeoquimica/pdf/relat.pdf> >. Acesso em: 20 out 2002.

MUZILLI, O.; LAURENTI, A. C.; LLANILLO, R. F.; FAGUNDES, A. C.; FIDALSKI, J.; FREGONEZE, J. A.; RIBEIRO, M. F. S.; LUGÃO, S. M. B. **Conservação do solo em sistemas de produção nas microbacias hidrográficas do arenito Caiuá do Paraná: clima, solo, estrutura agrária e perfil da produção agropecuária.** Londrina: IAPAR, 1990, 56p. (IAPAR. Boletim Técnico; 33).

NASCIMENTO, L. V. do. **Análises dos padrões de qualidade das águas e de lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pela Resolução CONAMA N<sup>o</sup>. 20/86.** Uma abordagem para águas doces. 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NEVES, B. B. de B. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste: Folha 24 – Aracajú-SO.** Recife:SUDENE. 1972. 284 p. (Hidrogeologia, 26).

NIERENBERG, D. Fertilidade tóxica. **Worldwatch**, Washington, v. 14, n. 2, p. 30-38, 2001.

NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em lagos e reservatórios. In: PORTO, R. LA L. (Ed.). **Hidrologia Ambiental**, São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991. p. 165-210.

OLIVEIRA, C. L. B. de; SILVA, A. de S.; LIMA, V. L. A. de. Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do riacho Vitória, em Petrolina-PE, Brasil, utilizando como instrumento de interpretação as técnicas de análise multivariada. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2, 2002, Salvador,BA. **Resumos...** Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.

OLIVEIRA, C. **Serviço de esgoto mal chega a 50% da população.** São Paulo, 2002. 2p. Disponível em: < <http://www.aguaonline.com.br> >. Acesso em: 3 abr 2002.

ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas.** Tradução H. R. Ghevy; H.R., F. A. V. Damaceno; L. T. de L. BRITO; Campina Grande: UFPB, 2001. 92 p. (FAO. Irrigação e Drenagem; 55).

ONGLEY, E. D. **Control of water pollution from agriculture**. FAO: Roma, 1996. 101 p. (FAO. Irrigation e Drainage; 55).

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL/ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, **Hay suficiente agua en el Mundo?** OMM - n.º. 857. 1997. 22p.

ORTIZ-ESTARELLES, O.; BIOSCA, Y. M.; HERNANDEZ, M. J .M.; SAGRADO, S.; DOMINGO, E. B. Multivariate data analysis of quality parameters in drinking water. *Analyst*, v. 126, p. 91-96, 2001.

PINARE, A. G. V.; OLIVEIRA, C. A. V. **Uso da função discriminante linear na classificação dos fatores que determinam o êxodo rural**. Petrolina,PE: Embrapa-CPATSA, 1985. 30p. (EMBRAPA – CPATSA Documentos; 30).

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, 1978. 521 p.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA JÚNIOR, L. G. de A. **Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*)**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n. 1. p. 107-110, 2001.

PORTO, E. R.; GARAGORRY, F. L.; SILVA, A. de S.; MOITA, A. W. **Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Petrolina,PE: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129 p. (EMBRAPA-CPATSA Documentos; 23).

PORTO, M. F. A. Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. In: PORTO, R. LA L. (Ed.). **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991. p. 375-389.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9 ed. São Paulo: Nobel, 1988. 549 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 69-111.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 971-979, 1999.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras. 1999. cap. 1, p. 1-36.

RHOADES, J.; CHANDUVI, F.; LESCH, S. **Soil salinity assessment: methods and interpretation of electrical conductivity measurements**. Rome: FAO, 1999. 150 p. (FAO. Irrigação e Drenagem; 57).

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSON, D. R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1990. p. 1089-1142.

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução H. R. GHEVY; J. R. de SOUZA; J. E. QUEIROZ. Campina Grande: UFPB, 2000. 177 p. il. (FAO. Irrigação e Drenagem; 48).

RODRÍGUEZ, N. M.; COVAS, G. **Calidad de agua y agroquímicos**. Buenos Aires, 2001. 27p. il. Disponível em: < <http://www.agronort.com> >. Acesso em: 20 out. 2001.

SAGARDOY, J. A. Una visión global de la contaminación del agua por la agricultura. In: **Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Proceedings...** FAO Expert Consultation, Santiago: FAO, 1992. Roma. 1993. p. 19-26. (Water Paper 1).

SALATI, E.; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras, 1999. cap. 2, p. 39-62.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Recife: CPRM/LABHID. 1997. cap. 5, p. 81-108.

SANTOS, D. V.; SOUSA, P. L.; SMITH, R. E. Model simulation of water and nitrate movement in a level-basin under fertirrigation treatments. **Agricultural Water Management**, v. 32, n. 3. 1997. p. 293-306.

SANTOS, R. V. dos; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 319-361.

SILVA, A. de S. **Impacto ambiental del uso de los recursos suelo y agua en áreas agrícolas bajo riego: estudio aplicado a zonas áridas brasileñas y españolas**. 1997. 217 f. il. Tese (Doutorado) – Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.

SILVA, A. de S. **Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Qualidade de Água no Submédio do Rio São Francisco: índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA\_ÁGUA)**. Jaguariúna: ANA/GEF/PNUMA/OEA. 2003, disponível em: <http://www.ana.gov.br/gefsf/recomendações.subprojeto1.4>. Acesso em 15 jul 2003.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARÚJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo:** perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142 p.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição mineral de plantas:** bases para um novo paradigma na agrotecnologia do século XXI. In: SIQUEIRA, J. O. *et al.*, (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas.** Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 1-10.

SOUZA, R. O.; MOTA, F. S. B. **Qualidade e conservação de água com vistas ao desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino.** Brasília: SEPLAN/PR/Projeto Aridas, 1995.

SPERLING E. von. Qualidade de água. In: SILVA, D. D. da; PRUSKI, F.F. (Ed.). **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.** Brasília, DF: MMAAL/ SNRH/ABEAS/UFV/DEA. 1997. p. 89-113.

SUPERINTENDENCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Balço hídrico do Estado da Bahia.** Salvador, 1999. 250 p. (SEI. Série Estudos e Pesquisa; 45).

THOMAS, R.; MEYBECK, M. The use of particulate material. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessment:** a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. London: Unesco/WHO/UNEP/E&FN SPON, 1997. cap. 4. p. 127-174.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Environmental indicators of water quality in the United States.** Washington, 1996. 25 p. il. (EPA 841-R-96-002). Disponível em <<http://www.epa.gov/OW/indic>>. Acesso em: 3 abr. 2001.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **The quality of our nation's**: nutrients and pesticides. Virgínia, 1999. 82p. il. (USGS. Circular; 1225). Disponível em <<http://www.usgs.gov>>. Acesso em: 18 set. 2001.

VALBUENA, R. B. **Aplicación de la taxonomía numérica en las aguas de la cuenca del río Tajo**. 1994. 151 f. Tese (Doutorado) - Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.

VIEIRA, V. P. P. B. Água doce no semi-árido. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: USP/ABC Escrituras Editoras, 1999. cap. 15, p. 509-532.

WRIGHT, C.E. **Surface water and groundwater interactions**. Paris: Unesco, 1980. 123 p. (Unesco. Studies and Reports in Hydrology; 29).

WUERTZ, S.; MERGEAY, M. The impact of heavy metals on soil microbial communities and their activities. In: ELSAS, J. D. van; TREVORS, J. T.; WELLINGTON, E. M. H. **Modern soil microbiology**. New York: Basel/M. Dekker, 1997. p. 607-664.

## **ANEXOS**

Na Tabela 7.1 encontram-se os valores das variáveis de qualidade das águas analisadas nos poços profundos em 1984, contidas em CEI (1986).

As Tabelas 7.2a, b e c, contém as características gerais e os valores das variáveis analisadas referentes às fontes superficiais nos períodos de chuvas e sem chuvas de 2001, respectivamente. Enquanto as Tabelas 7.3a, b e c, contém as características gerais e os valores das variáveis analisadas referentes às fontes subterrâneas nos períodos de chuvas e sem chuvas, com suas respectivas coordenadas geográficas.

A Tabela 7.4 informa sobre a densidade populacional dos rebanhos bovino, caprino e ovino para os municípios que compõem a bacia hidrográfica do Salitre.

Na Tabela 7.5. encontram-se os valores de referência dos parâmetros indicadores de qualidade de água estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1975) e pela Resolução nº. 20/86 (CONAMA, 1986) para a classe 1.

Tabela 7.1. Variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre obtidas em 1984, de acordo com CEI (1986).

No.	Código	pH	CE	SDT	NO <sub>3</sub>	Fe	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
Ordem			(dS m <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	---(mg L <sup>-1</sup> )---		------(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )-----						
1	TAMB2	6,90	1,26	904	25,70	0,20	6,40	2,64	3,46	0,43	4,66	1,48	4,73
2	SMONIC	5,30	0,86	272	0,04	1,20	0,20	0,10	0,30	0,04	0,13	0,10	0,51
7	BREJ2	7,30	2,66	2394	30,60	0,20	13,05	5,52	10,64	0,39	4,92	3,69	18,93
9	OLHOF	6,70	1,93	1390	54,80	0,20	6,00	8,32	6,50	0,39	6,89	2,35	8,00
10	VNOVA1	5,60	1,73	1440	17,00	0,20	7,61	2,14	6,67	0,63	0,98	0,94	14,08
11	SANT2	7,60	0,38	102	0,07	0,20	1,68	1,40	0,51	0,20	2,72	0,15	0,73
19	CHOROR	7,00	6,30	6248	0,50	0,20	20,00	29,12	25,00	3,92	5,82	3,25	63,38
33	FQUEIM	6,70	1,31	848	20,00	0,20	9,20	3,30	1,62	0,13	6,90	1,02	3,10
46	BCAAT	7,00	1,28	1026	2,00	0,30	6,60	3,20	3,19	0,29	5,44	1,00	6,20
47	BALDU	6,70	1,86	1560	24,90	0,20	9,60	5,04	6,15	0,54	6,23	2,85	7,44
53	FBPRETA	7,40	1,00	670	11,00	0,20	6,20	3,44	1,25	0,10	7,44	0,50	1,80
56	HORTOS	7,20	2,95	2096	0,04	27,0	7,35	8,40	11,74	0,87	3,70	10,42	13,97

Tabela 7.2a. Características das fontes hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre.

Nº. de Ordem	Município	Distrito/Localidade	Fonte	Código	LAT	LONG	USO*	IRRIGAÇÃO**		
								Área(ha)	Método	Culturas
1	M. Chapéu	Boca Madeira	Riacho	JAC1	11 24 29	41 06 49	CH CA	-	-	-
2	M. Chapéu	Brejões	Rio	BREJ1	11 17 27	41 04 14	CA	-	-	-
3	M. Chapéu	Tamboril	Barragem	TAMB1	11 12 51	41 06 09	CH CA CV	-	-	-
4	M. Chapéu	Cercado Velho	Tanque	ROCA1	11 20 51	41 02 09	CH CV	-	-	-
5	M. Chapéu	Olho D.Fagundes	Lagoa	OLHOFB	10 55 42	41 16 21	CH CA	-	-	-
6	V. Nova	Curtume	Tanque	CURT2	11 17 00	40 54 35	CH CA	-	-	-
7	M. Calmon	Faz. Pr. Jatobá	Barragem	TPRACA	11 14 37	40 43 48	S/USO	-	-	-
8	V. Nova	Giló	Barragem	GILO1	11 14 45	40 50 26	CH CA CV	0,6	S	FR/H/G
9	V. Nova	Faz. Saco	Barragem	FSACO	11 11 22	40 47 22	CA CV	-	S	H/G
10	Jacobina	Caat. Moura	Barragem	OLHOD1	10 59 06	40 42 05	CH CA	-	-	-
11	Jacobina	Cantinho	Natural	CANT1	11 03 20	40 40 27	CH	-	-	-
12	Jacobina	Cantinho	Barragem	CANT2	11 03 16	40 40 25	S/USO	-	-	-
13	Jacobina	Caat. Moura	Lagoa	CATLAG	10 59 39	40 45 04	S/USO	-	-	-
14	Jacobina	Caat. Moura	Barragem	BSALINA	10 55 14	40 47 38	CH CA CV	30	S	H
15	Jacobina	Caat. Moura	A.Irrigada	DENI1	10 58 20	40 46 27	-	600	S	F/G/H
16	Jacobina	Caat. Moura	A.Irrigada	AIFINAL	10 57 08	40 47 15	-	-	-	-
17	Ourolândia	Poço Verde	Natural	PVERDE	11 00 09	41 04 33	CH CA CV	0,3	S	H
18	Ourolândia	Pingadeira	Natural	PINGA	10 55 45	41 03 59	P	-	-	-
19	Ourolândia	Pingadeira	Natural	PINGA1	10 55 45	41 03 59	-	-	-	-
20	Ourolândia	Ourolândia	Barragem	BOURO	10 58 35	41 05 13	CH CA CV	-	-	F/H
21	Mirangaba	Taquarandi	Nasc. Rio	TAQUA1	10 53 30	40 41 01	CH CA CV	-	-	-
22	Mirangaba	Taquarandi	Rio Preto	TAQUA2	10 53 39	40 41 04	CA CV	-	-	-
23	Mirangaba	Taquarandi	Barragem	TAQUA4	10 56 03	40 39 51	CA CV	200	S/AC/L	F/G/H
24	C. Formoso	Abreus	Rio	ABREUS	10 00 38	40 41 47	CH CA CV	400	S/AC	H/F

Continua

Nº. de Orde m	Município	Distrito/ Localidade	Fonte	Código	LAT	LONG	USO*	Continuação		
								IRRIGAÇÃO**		
								Área(ha)	Método	Culturas
25	C. Formoso	Casa Velha	Rio	PACUI	10 04 01	40 43 51	CH CA CV	200	S/AC	H/F
26	C. Formoso	Pacuí	Rio	NASPAC	10 06 48	40 49 00	CH CA CV	-	-	H/F
27	C. Formoso	Lagoa Branca	Lagoa	LBRANC	10 17 07	40 45 13	CH CA	-	-	-
28	C. Formoso	Curral Velho	Rio	CURRALV	09 54 54	40 39 07	CH CA CV			
29	Juazeiro	Salitre	Rio	RIOSSF	09 29 49	40 39 10	-	-	-	-
30	Juazeiro	Sabiá	Barragem	BGALV1	09 29 49	40 39 16	-	-	-	-
31	Juazeiro	Rio Salitre	Rio	JUNCO1	09 41 27	40 35 44	CH CA CV	-	-	H/F/G
32	Juazeiro	Goiabeira	Rio	GOIAB	09 48 46	40 36 35	CV	-	-	H/F/G
33	Juazeiro	Alegre	Rio	ALEGRE	09 45 14	40 35 51	CH CA CV	-	-	H/F/G

\*CH = Consumo humano; CD = Consumo doméstico; CA = Consumo animal; CV = Consumo vegetal; P = Exploração mineral.

\*\*S = sulcos; AC = aspersão convencional; L = irrigação localizada; G = grãos; H = hortaliças; F = fruticultura; FR = forrageira.

Tabela 7.2b. Variáveis de qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre no período das chuvas (PC).

Nº. de Ordem	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----						
							Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
1	JAC1	23,93	0,14	100,0	3,58	9,90	0,20	0,20	0,67	0,01	0,00	0,20	0,10
2	BREJ1	28,22	3,59	2390,0	8,00	9,90	8,00	8,60	14,00	1,56	0,00	3,60	2,47
3	TAMB1	27,56	0,75	507,0	8,29	8,20	2,30	2,40	3,91	0,25	1,00	2,90	0,43
4	ROCA1	24,93	0,59	398,0	7,54	3,90	0,80	0,50	4,80	0,65	0,00	3,90	0,33
5	OLHOFB	28,87	0,06	60,0	8,95	8,90	0,40	0,20	0,29	0,13	0,00	0,60	0,16
6	CURT2	30,15	0,09	770,0	8,88	9,15	0,60	0,80	0,13	0,35	0,00	1,40	0,06
7	TPRACA	27,43	0,24	175,0	7,25	5,80	0,30	0,20	2,20	0,04	0,00	0,50	0,26
8	GILO1	26,34	0,33	228,0	8,15	5,70	1,70	1,50	0,25	0,68	0,00	3,40	0,18
9	FSACO	28,97	0,13	99,0	7,99	7,00	0,50	0,50	0,21	0,46	0,00	1,30	0,15
10	OLHOD1	26,70	0,08	230,0	6,35	5,75	0,40	0,20	0,64	0,05	0,00	0,20	0,30
11	CANT1	25,70	0,02	30,0	5,08	8,20	0,10	0,60	0,34	0,01	0,00	0,20	0,04
12	CANT2	23,84	0,05	50,0	4,23	6,87	0,10	0,20	0,42	0,01	0,00	0,20	0,05
13	CATLAG	29,24	2,79	1868,0	7,75	8,62	3,60	13,40	10,78	0,95	0,40	6,60	3,09
14	BSALINA	29,25	1,38	923,0	8,08	6,33	2,30	6,90	5,78	0,51	1,00	4,80	1,14
15	DENII	27,20	1,62	1063,0	7,98	8,33	1,30	8,60	6,57	0,36	1,00	6,00	1,61
16	AIFINAL	28,57	1,58	1031,0	8,30	14,00	1,50	8,50	6,69	0,40	0,80	4,40	1,53
17	PVERDE	27,06	1,38	890,0	7,20	5,20	1,00	9,40	3,56	0,17	0,00	6,20	1,99
18	PINGA	27,02	0,99	654,0	7,18	12,00	0,50	5,10	2,26	0,14	0,00	3,85	1,43
18	PINGA1	27,43	1,01	669,0	7,57	7,00	1,30	5,00	2,35	0,15	0,00	2,80	1,39
20	BOURO	27,63	2,81	1854,0	7,99	5,33	2,90	12,30	11,13	1,33	1,20	5,60	0,44
21	TAQUA1	26,86	0,41	280,0	7,86	5,00	1,50	2,60	0,78	0,12	0,00	3,70	0,07
22	TAQUA2	27,27	0,16	126,0	7,43	4,77	0,50	0,70	0,83	0,05	0,00	0,65	0,25

Continua

													Continuação	
Nº. de Ordem	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----							
23	TAQUA4	29,22	0,07	64,0	5,84	5,70	0,20	0,10	0,52	0,02	0,00	0,20	0,08	
24	ABREUS	23,59	0,61	40,0	7,89	6,84	1,10	4,70	0,79	0,07	0,80	4,50	0,45	
25	PACUI	26,83	0,58	405,0	7,98	5,20	1,30	4,70	0,77	0,07	1,00	4,30	0,46	
26	NASPACU	29,59	0,54	379,0	7,34	2,80	1,40	4,30	0,69	0,08	0,40	4,70	0,46	
27	LBRANCA	32,93	1,16	771,0	8,77	8,90	3,40	3,90	4,48	0,15	0,00	1,10	0,66	
28	CURRALV	26,56	0,57	410,0	7,56	4,80	1,50	4,30	0,87	0,07	0,40	4,65	0,44	
32	GOIAB	28,53	0,66	498,0	7,92	6,33	2,60	4,00	1,13	0,11	0,80	2,70	0,70	
31	JUNCO1	28,10	0,95	660,0	7,99	6,20	1,70	5,80	3,26	0,17	0,80	4,45	1,05	
33	ALEGRE	28,02	0,91	627,0	7,75	5,95	2,10	5,50	2,52	0,13	0,90	4,85	0,95	
30	BGALV1	27,93	0,27	190,0	7,04	5,82	1,10	0,90	0,84	0,05	0,00	0,95	0,63	
29	RIOSSF	27,96	0,09	70,0	7,37	5,62	0,60	0,30	0,36	0,04	0,00	0,75	0,15	

Nº. de Ordem	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe ----- (mg L <sup>-1</sup> ) -----	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L <sup>-1/2</sup> )	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (ntu)
1	JAC1	0,80	1,77	0,69	0,09	1,50	19,99	-0,20	73,00	2,72	0,0
2	BREJ1	27,80	0,26	9,03	9,04	4,86	829,50	-13,0	82,16	5,03	0,0
3	TAMB1	4,10	0,09	12,44	0,82	2,55	234,86	-0,80	49,83	0,80	34,9
4	ROCA1	2,40	5,62	7,47	2,64	5,95	64,95	2,60	37,34	0,42	0,0
5	OLHOFB	0,20	0,37	10,61	0,30	0,53	29,98	0,00	32,81	0,40	0,0
6	CURT2	0,40	0,04	38,17	0,92	0,16	69,96	0,00	41,03	0,20	0,0
7	TPRACA	2,00	1,92	6,60	0,19	4,40	24,98	0,00	73,49	2,74	3,4
8	GILO1	0,20	0,15	16,89	1,59	0,20	159,89	0,20	11,66	0,08	86,5
9	FSACO	0,20	1,61	13,99	1,22	0,30	49,97	0,30	22,69	0,80	84,0

Continua

												Continuação
Nº. de Ordem	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe ------(mg L <sup>-1</sup> )-----	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Clorof (ug L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (ntu)
10	OLHOD1	0,60	4,67	5,20	0,15	9,00	1,17	29,98	-0,40	57,77	2,93	1,6
11	CANT1	0,70	0,04	0,70	0,02	11,50	0,57	34,99	-0,50	74,77	2,19	4,8
12	CANT2	0,50	2,83	0,48	0,20	10,27	1,08	14,99	-0,10	67,01	1,65	15,4
13	CATLAG	19,70	0,06	4,22	3,84	79,30	3,70	849,75	-10,0	66,21	2,04	38,8
14	BSALINA	8,00	0,04	4,72	1,68	20,09	2,69	459,84	-3,40	53,78	1,05	0,0
15	DENI1	8,20	0,01	11,89	1,26	6,20	2,95	494,90	-2,90	49,36	0,93	0,0
16	AIFINAL	9,70	0,04	6,25	1,77	45,50	2,99	499,89	-4,80	59,29	1,43	0,0
17	PVERDE	7,00	0,04	9,35	0,45	6,58	1,56	519,91	-4,20	46,61	0,91	0,0
18	PINGA	4,50	0,04	10,23	0,34	19,30	1,35	279,96	-1,75	46,91	0,97	2,4
19	PINGA1	4,70	0,05	14,13	0,33	0,10	1,32	314,91	-3,50	54,05	1,37	0,0
20	BOURO	21,20	0,02	6,47	3,57	5,70	4,04	759,79	-8,40	74,64	2,05	4,4
21	TAQUA1	0,90	0,05	3,02	0,23	0,50	0,54	204,90	-0,40	20,11	0,16	0,0
22	TAQUA2	1,10	1,70	2,57	0,15	20,30	1,07	59,97	-0,55	55,91	1,29	0,0
23	TAQUA4	0,50	3,05	0,76	0,05	19,30	1,34	14,99	-0,10	64,66	1,77	0,0
24	ABREUS	1,10	0,07	1,35	0,10	1,87	0,46	289,92	-0,50	16,32	0,20	0,0
25	PACUI	1,10	0,04	2,91	0,12	0,10	0,44	299,91	-0,70	16,61	0,21	0,0
26	NASPACU	0,90	0,03	1,38	0,16	0,70	0,41	284,90	-0,60	14,23	0,18	0,0
27	LBRANCA	9,60	0,01	4,14	0,99	0,80	2,34	364,79	-6,20	84,60	5,55	0,0
28	CURRALV	1,20	0,20	0,25	0,30	2,40	0,51	289,90	-0,75	17,99	0,22	0,0
32	GOIAB	3,30	0,31	1,35	0,38	2,10	0,62	329,83	-3,10	44,16	0,80	0,0
31	JUNCO1	4,20	0,35	1,21	0,64	4,20	1,68	374,88	-2,25	40,11	0,68	0,0
33	ALEGRE	3,85	0,38	0,93	0,53	4,20	1,29	379,86	-1,85	36,58	0,56	0,0
30	BGALV1	1,15	0,58	0,13	0,15	2,30	0,84	99,93	-1,05	42,17	1,23	0,0
29	RIOSSF	0,45	1,63	0,14	0,12	1,00	0,54	44,96	-0,15	33,44	0,51	0,0

Tabela 7.2c. Variáveis de qualidade das águas superficiais da bacia do Salitre no período sem chuvas (PV).

No. Ordem	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
------(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )-----													
1	JAC1	24,03	0,05	49,0	4,80	2,59	0,30	0,10	0,58	0,04	0,00	0,30	0,30
3	TAMB1	31,11	1,04	698,0	7,70	1,10	1,70	0,40	9,75	0,40	0,00	3,20	0,21
4	ROCA1	24,12	0,15	114,0	6,90	1,20	0,20	0,30	1,06	0,48	0,00	1,20	0,06
5	OLHOFB	29,24	0,45	314,0	6,20	1,65	0,70	0,40	2,71	1,31	0,00	1,10	0,19
6	CURT2	22,36	0,05	54,0	6,20	0,81	0,40	0,30	0,11	0,39	0,00	0,80	0,01
7	TPRACA	22,75	0,42	283,0	5,70	1,32	0,30	0,20	3,97	0,05	0,00	0,40	0,07
8	GILO1	23,28	0,68	430,0	7,30	1,72	1,20	0,20	1,52	3,54	0,00	5,40	0,07
9	FSACO	25,32	0,31	221,0	6,80	1,27	0,80	0,40	0,69	1,15	0,00	2,40	0,01
10	OLHOD1	25,86	0,41	271,0	7,80	2,99	0,90	1,50	2,00	0,19	0,00	2,30	0,10
11	CANT1	23,72	0,02	30,0	6,10	1,99	0,20	0,20	0,29	0,01	0,00	0,30	0,01
12	CANT2	24,15	0,06	53,0	3,40	2,09	0,30	0,10	0,43	0,01	0,00	0,40	0,01
13	CATLAG	27,14	7,11	5046,0	7,60	1,76	30,00	30,00	11,75	2,55	0,00	*	1,70
14	BSALINA	31,60	1,99	1317,0	7,40	6,94	4,70	7,50	9,62	0,52	0,00	3,40	0,43
17	PVERDE	27,24	1,40	952,0	7,40	1,01	4,70	5,90	2,72	0,18	0,00	5,20	0,32
18	PINGA	29,04	1,01	664,0	7,70	1,86	4,90	2,00	1,85	0,17	0,00	5,60	0,13
19	PINGA1	27,03	1,01	694,0	7,60	1,33	3,20	3,90	0,90	0,18	0,00	3,60	0,11
20	BOURO	26,74	3,30	2199,0	8,00	1,26	2,90	14,40	14,33	1,44	0,40	6,70	0,13
21	TAQUA1	32,00	0,40	271,0	7,70	3,53	1,30	2,70	0,07	0,08	0,30	2,90	0,01
22	TAQUA2	31,94	0,06	56,0	3,80	2,11	0,30	1,00	0,41	0,01	0,00	0,30	0,59
23	TAQUA4	32,41	0,45	301,0	7,40	4,17	1,60	2,70	0,91	0,12	0,30	3,30	0,01
24	ABREUS	24,11	0,60	397,0	7,80	5,72	1,10	4,60	0,17	0,10	0,00	3,10	0,13

Continua

Continuação

No. Ordem	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
------(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )-----													
25	PACUI	27,99	0,59	394,0	8,00	5,26	1,80	4,10	0,08	0,10	0,80	4,00	0,14
26	NASPACU	29,43	0,54	380,0	7,60	4,19	1,60	1,80	0,83	0,09	0,00	4,10	0,12
27	LBRANCA	29,43	11,35	7940,0	6,90	5,53	5,00	12,00	73,69	1,39	0,00	2,30	0,06
28	CURRALV	31,38	0,81	483,0	8,10	7,06	0,90	5,10	1,27	0,19	0,90	3,90	0,17
32	GOIAB	31,74	0,85	564,0	8,20	6,53	1,90	4,10	1,69	0,22	0,30	3,80	0,20
33	ALEGRE	31,77	1,18	778,0	8,00	12,02	2,20	4,90	4,15	0,24	0,40	4,40	0,41
30	BGALV1	31,46	0,35	237,0	7,20	6,47	0,90	1,90	0,83	0,04	0,00	1,10	0,22
29	RIOSSF	31,21	0,06	53,0	7,90	18,43	0,20	0,80	0,20	0,03	0,00	0,80	0,01

No. Ordem	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (ntu)
1	JAC1	0,60	0,12	0,98	1,30	20,0	-0,10	68,85	1,95	0,0
3	TAMB1	6,60	0,00	1,22	9,52	104,9	1,10	69,22	1,25	0,0
4	ROCA1	0,70	6,16	1,34	2,12	25,0	0,70	73,54	0,38	939,2
5	OLHOFB	3,90	2,15	1,23	3,65	55,0	0,00	93,85	2,20	700,3
6	CURT2	0,20	0,05	1,13	0,19	35,0	0,10	93,20	0,16	317,3
7	TPRACA	3,60	0,98	1,17	7,94	25,0	-0,10	94,88	5,38	0,2
8	GILO1	1,90	0,07	5,58	1,82	70,0	4,00	80,26	0,21	173,3
9	FSACO	1,10	0,00	2,66	0,89	60,0	1,20	78,26	0,27	90,2
10	OLHOD1	2,40	0,07	0,50	1,83	120,0	-0,10	69,76	0,64	19,3
11	CANT1	0,40	0,04	0,06	0,65	20,0	-0,10	76,33	0,80	0,0
12	CANT2	0,50	0,04	0,09	0,96	20,0	0,00	59,91	0,75	2,6
13	CATLAG	34,00	0,06	3,39	2,15	2999,6	-20,00	46,95	0,53	40,2

Continua

No. Ordem	Código	Continuação								
		Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (ntu)
14	BSALINA	19,10	0,06	0,41	3,90	610,0	-8,80	84,06	3,37	1,5
17	PVERDE	8,20	0,00	0,65	1,18	530,0	-5,40	66,58	0,97	0,0
18	PINGA	4,10	0,00	0,34	1,00	344,9	-1,30	50,60	0,44	0,0
19	PINGA1	4,20	0,00	0,40	0,48	355,0	-3,50	64,28	0,70	0,4
20	BOURO	25,50	0,00	2,81	4,87	865,3	-10,20	80,84	2,17	0,1
21	TAQUA1	1,00	0,01	0,16	0,05	200,0	-0,80	29,69	0,19	2,1
23	TAQUA4	0,90	0,06	0,20	0,62	215,0	-0,70	26,26	0,15	0,0
22	TAQUA2	0,30	2,16	0,10	0,51	65,0	-1,00	25,43	2,13	0,0
24	ABREUS	2,40	0,02	0,17	0,10	285,1	-2,60	74,12	0,48	0,0
25	PACUI	1,50	0,01	0,11	0,05	295,0	-1,10	66,67	0,22	0,0
26	NASPACU	1,00	0,01	0,08	0,64	170,0	0,70	41,42	0,16	0,0
27	LBRANCA	91,40	0,07	2,48	25,28	850,1	-14,70	97,51	23,15	174,4
28	CURRALV	1,80	0,00	0,20	0,73	300,1	-1,20	38,55	0,27	4,0
32	GOIAB	2,90	0,00	0,19	0,98	300,0	-1,90	52,21	0,47	1,8
33	ALEGRE	7,00	0,00	0,18	2,20	355,0	-2,30	61,35	0,96	4,3
30	BGALV1	2,50	0,00	0,07	0,70	140,0	-1,70	71,27	1,48	2,8
29	RIOSF	0,20	0,04	0,04	0,28	50,0	-0,20	58,12	0,16	15,9

\* Não determinado.

Tabela 7.3a. Características gerais das fontes de águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre.

No. de Ordem	Município	Distrito/ Localidade	Código	LAT	LONG	Vazão (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	Prof. (m)	Uso <sup>1</sup>	Área(ha)	Irrigação Método <sup>2</sup>	Cultura <sup>3</sup>
34	M. Chapéu	Tamboril	TAMB2	11 13 52	41 06 12	-	-	CH CA	-	-	-
35	M. Chapéu	S. Mônica	SMONIC	11 18 38	40 57 37	7,5	30	CH CA	-	-	-
36	M. Chapéu	Maxixe	MAX1	11 17 56	40 57 01	3,5	120	CH CA	-	-	-
37	M. Chapéu	V.Grande	VGRAND	11 18 21	41 02 29	-	-	CV	6	Sulco	H
38	M. Chapéu	Icó	ICO1	11 16 20	41 01 16	-	-	CH CA	-	-	-
39	M. Chapéu	Icó	ICO2	11 16 19	41 01 16	-	-	S/USO	-	-	-
40	M. Chapéu	Brejões	BREJ2	11 17 45	41 04 19	-	-	CH CA	-	-	-
41	M. Chapéu	Cerc. Velho	CVELHO	11 02 13	40 02 02	-	-	CA CV	-	Sulco	H
42	M. Chapéu	O.D.Fagundes	OLHOF	10 55 42	41 16 30	6,0	120	CH CA	-	-	-
43	V. Nova	Sede	VNOVA1	11 15 54	40 56 26	14,0	84	CH CA	-	-	-
44	M. Calmon	Curtume	CURT1	11 17 03	40 54 27	4,8	70	CA	-	-	-
45	V. Nova	S.Antonio2	SANT2	11 13 47	40 48 43	27,0	75	CH CA CV	-	Sulco	H
46	V. Nova	S.Antonio	GILO3	11 13 46	40 49 19	25,0	78	CH CA	-	-	-
47	V. Nova	Giló	GILO2	11 14 45	40 50 29	7,0	100	CH	-	-	-
85	V. Nova	F.S.Benedito	FSBENE	11 09 15	40 51	32	60	CH CA	-	-	-
48	V. Nova	F. Saco	SACO1 <sup>4</sup>	11 11 01	40 49 23	-	-	-	-	-	-
86	V. Nova	Onça	ONÇA <sup>4</sup>	11 10 19	40 57 38	-	-	-	-	-	-
87	V. Nova	Salinas	SALINAS <sup>4</sup>	11 13 10	40 56 18	-	-	-	-	-	-
88	Jacobina	Chororó	CHOROR	11 07 58	40 48 48	5,0	150	CH CA	-	-	-
49	Jacobina	Faz. Caratiu	LBAT1	11 04 28	40 42 29	8,0	90	CH CA CV	-	Sulco	H
50	Jacobina	Caat. Moura	OLHODAG	10 59 05	40 42 08	JORR	-	CH CA CV	600	Sulco	G/F/H/F
51	Jacobina	Caat. Moura	FBAR1	11 01 28	40 45 23	14,0	140	CH CA CV	2,5	Sulco	G/F/H/F
52	Jacobina	P. Colher	PCOLH1	11 02 43	40 55 47	3,0	61	CH CA CV	-	Sulco	-
53	Jacobina	P. Colher	PCOLH2	11 03 48	40 54 50	18,0	63	CH CA CV	-	Sulco	-

Continua

Continuação											
No. de	Município	Distrito/	Código	LAT	LONG	Vazão	Prof.	Uso <sup>1</sup>	Irrigação		
Ordem	Localidade					(m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	(m)		Área(ha)	Método <sup>2</sup>	Cultura <sup>3</sup>
54	Jacobina	P. Colher	PCOLH3	11 05 40	40 54 53	14,6	70	CH CA	-	-	-
55	Jacobina	P. Colher	PCOLH4	11 03 14	40 53 40	1,2	120	CH CA	-	-	-
56	Jacobina	L. Mulungu	LMULUN	11 04 16	40 45 20	1,5	120	CH CA	-	-	-
57	Jacobina	Caratiu	CARATIU	11 04 56	40 42 29	6,0	110	CH CA CV P	-	S	H/F
58	Jacobina	F B.C.Moura	FBAR2	11 01 04	40 45 42	6,0	100	CH CA	-	-	-
63	Jacobina	F.S.C.Moura	FSUMI	10 54 43	40 48 04	7,0	36	CA	-	-	-
59	Ourolândia	Barragem	PBARR	10 56 55	41 03 53	12,0	103	CH	-	-	-
64	Ourolândia	Gitirana	GITIRANA	10 54 10	41 14 34	8,0	80	CH CA	-	-	-
60	Ourolândia	Queimadas	FQUEIM	10 54 15	41 18 39	6,5	68	CH CA	-	-	-
61	Mirangaba	Taquarandi	TAQUA6	10 52 45	40 44 07	50,0	100	CH CA CV	-	S	-
62	Mirangaba	Taquarandi	TAQUA3	10 54 26	40 41 07	-	-	CH CA CV	-	L	H/F
89	Mirangaba	Taquarandi	TAQUA <sup>4</sup>	10 54 41	40 41 11	50	10	CH CACV	-	S	F
65	Mirangaba	Mirangaba	MIRANG	10 58 30	40 34 40	-	-	CH CA	-	-	-
66	C. Formoso	Tiquara	TIQUA1	10 27 55	40 32 16	-	-	CH CA	-	-	-
67	C. Formoso	Tiquara	TIQUA2	10 27 52	40 32 52	22,0	83	CH CV	-	S	-
68	C. Formoso	Toca Onça	TIQUA3	10 27 33	40 34 34	-	-	CV	1	S	H
69	C. Formoso	Toca Onça	TIQUA4	10 27 33	40 34 35	22,0	9	CH CA	-	-	-
70	C. Formoso	Balduino	TIQUA5	10 24 54	40 37 10	-	-	CH CA	-	-	-
71	C. Formoso	Faz. Aroeira	BARRET1	10 26 16	40 39 59	30,0	60	CV	50	L/S	F
72	C. Formoso	Faz. Aroeira	BARRET	10 26 22	40 39 36	10,0	90	CH CA CV	-	L/S	-
90	C. Formoso	Faz. Aroeira	BARRET2 <sup>4</sup>	10 26 31	40 39 07	30	10	CA	-	-	-
73	C. Formoso	Brej. Caatinga	BCAAT	10 26 50	40 50 45	-	-	CH CA	-	-	-
74	C. Formoso	Balduino	BALDU	10 24 19	40 37 54	-	-	CH	-	-	-
91	C. Formoso	Balduino	GALEGO <sup>4</sup>	10 24 08	40 37 36	5	36	CH CV CA	2	S	F
75	C. Formoso	Lagoa Porco	LPORCO	10 20 11	40 37 08	12,0	-	CH CA	-	-	-
76	C. Formoso	Tiririca	TIRIRICA	10 16 09	40 36 23	4,0	60	CH CA	-	-	-
77	C. Formoso	Currinho	CURRALI	10 12 24	40 37 02	-	-	CH CA	-	-	-

Continua

No. de Ordem	Município	Distrito/ Localidade	Código	LAT	LONG	Vazão (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	Prof. (m)	Uso <sup>1</sup>	Continuação		
									Área(ha)	Irrigação Método <sup>2</sup>	Cultura <sup>3</sup>
78	C. Formoso	Caititu	CAITITU	10 10 44	40 35 08	-	10	CH CA	-	-	-
79	C. Formoso	Baraúna Preta	FBPRET	10 08 30	40 35 56	10,0	70	CH CA CV	1	S	H
92	C. Formoso	Baraúna Preta	FBPRET1 <sup>4</sup>	10 09 25	40 35 59	30	60	CH CA	-	-	F
80	C. Formoso	Faz. Nova1	FNOVA	10 23 03	40 32 48	3,0	100	CH CA	-	-	-
81	Juazeiro	Horto Salitre	HORTOS	09 33 44	40 38 55	4,0	55	CH CA	-	-	-
82	Juazeiro	S.Terezinha	STEREZ1 <sup>5</sup>	09 34 11	40 39 18	5,0	70	CH CA	-	-	-
82	Juazeiro	S.Terezinha	STEREZ2 <sup>5.1</sup>	09 34 11	40 39 18	5,0	70	CH CA	-	-	-
82	Juazeiro	S.Terezinha	STEREZ3 <sup>5.2</sup>	09 34 11	40 39 18	-	-	-	-	-	-
83	Juazeiro	Baraúna	BARAUNA	09 38 12	40 38 24	20,0	82	CH CA	-	-	-
84	Juazeiro	Aldeia	ALDEIA	09 41 23	40 36 16	10,0	70	CH CA	-	-	-

<sup>1</sup> CH - consumo humano; CA - consumo animal; CV - consumo vegetal; P - Exploração mineral <sup>2</sup>, S-sulcos L- irrigação localizada; <sup>3</sup> G - Grãos; F - fruticultura; H - hortaliças; F - forrageira; <sup>4</sup>Poços incluídos no período sem chuvas; <sup>5</sup> Água dessalinizada; <sup>5.1</sup>Água poço; <sup>5.2</sup>Água do rejeito.

Tabela 7.3b. Variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre no período das chuvas (PC).

No. de Ordem <sup>1</sup>	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	------(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )-----						
							Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
34	TAMB2	27,59	1,22	820,0	6,80	4,74	2,60	6,30	4,26	0,28	0,00	6,10	1,24
35	SMONIC	27,23	0,11	100,0	5,47	5,24	0,30	0,30	0,40	0,10	0,00	0,40	0,05
36	MAX1	27,73	1,62	1090,0	6,55	4,60	5,80	5,10	5,13	0,36	0,00	1,60	1,67
37	VGRAND	25,98	1,83	1220,0	7,09	6,34	1,80	8,10	8,56	0,22	0,00	7,10	2,01
38	ICO1	25,92	0,91	60,0	6,40	3,40	2,80	2,60	3,48	0,15	0,00	1,20	1,59
39	ICO2	25,11	1,17	770,0	5,96	2,15	3,30	3,00	5,22	0,29	0,00	1,30	2,24
40	BREJ2	26,61	0,12	90,0	5,35	5,74	0,40	0,50	0,88	0,07	0,00	0,15	0,08
41	CVELHO	25,58	7,86	5370,0	8,22	12,52	11,70	20,80	43,91	5,38	0,00	3,10	2,45
42	OLHOF	29,60	1,75	1140,0	7,20	8,73	2,00	9,80	6,26	0,13	0,00	7,50	2,38
43	VNOVA1	27,10	0,92	610,0	7,26	6,50	1,60	5,30	2,91	0,28	0,00	4,70	1,18
45	SANT2	33,65	0,37	260,0	7,81	4,75	1,30	2,10	0,85	0,13	0,40	2,40	0,70
46	GILO3	26,02	0,36	260,0	7,87	5,13	1,50	2,10	0,74	0,13	0,60	2,60	0,49
47	GILO2	25,99	1,01	640,0	7,76	4,06	2,10	6,30	2,74	0,27	0,60	3,90	1,52
44	CURT1	32,01	3,85	2580,0	7,38	5,94	2,90	21,70	12,74	0,62	1,20	7,00	4,14
88	CHOROR	26,99	3,72	2470,0	7,41	5,22	2,80	16,40	13,08	1,61	0,80	2,60	2,77
49	LBAT1	26,12	0,04	40,0	5,67	4,54	0,40	0,10	0,49	0,01	0,00	0,20	0,04
50	OLHODAG	26,70	0,34	230,0	7,44	2,99	2,40	0,70	0,66	0,11	0,60	2,40	0,22
51	FBAR1	28,47	0,34	240,0	7,81	4,21	1,20	2,30	0,69	0,15	0,60	2,60	0,33
52	PCOLH1	26,99	2,78	1800,0	7,08	6,25	9,70	10,40	6,35	0,21	0,00	4,50	2,90
53	PCOLH2	26,44	3,40	1340,0	7,58	7,84	13,40	5,80	8,30	0,09	0,00	4,30	2,57
54	PCOLH3	27,08	3,06	2050,0	7,56	8,50	6,60	12,50	7,96	0,22	0,00	4,80	2,23
55	PCOLH4	27,33	1,59	1080,0	7,84	7,95	1,10	8,20	7,35	0,07	0,00	5,60	2,92
56	LMULUN	25,17	0,35	240,0	8,50	9,13	1,00	2,00	0,79	0,19	0,70	2,20	0,33
57	CARATIU	26,56	0,05	50,0	7,87	7,55	0,40	0,10	0,52	0,01	0,00	0,30	0,04

Continua

No. de Ordem <sup>1</sup>	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Continuação						
							Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----						
58	FBAR2	27,07	0,65	430,0	7,41	5,46	1,60	3,20	2,65	0,36	0,60	4,00	1,45
63	FSUMI	28,19	3,10	2050,0	7,32	7,24	1,00	15,80	11,17	0,29	0,00	4,00	3,09
59	PBARR	28,68	0,90	600,0	8,04	5,75	0,90	2,30	6,69	0,11	1,00	5,00	2,50
64	GITIRANA	31,83	1,60	1050,0	7,30	8,75	1,80	7,60	5,22	0,12	0,00	5,10	2,08
60	FQUEIM	29,45	1,58	1050,0	7,77	7,42	0,90	9,70	6,61	0,09	0,00	6,60	2,68
61	TAQUA6	27,10	1,08	710,0	7,28	2,00	1,90	5,40	4,17	0,13	0,00	3,95	1,52
62	TAQUA3	26,10	0,43	300,0	7,70	4,90	1,40	2,60	0,83	0,12	0,00	3,20	0,07
65	MIRANG	25,64	0,20	150,0	7,31	2,83	1,00	0,90	0,74	0,11	0,00	1,90	0,35
66	TIQUA1	28,13	0,94	620,0	7,91	6,67	1,20	5,30	4,09	0,27	1,20	3,90	2,03
67	TIQUA2	26,36	2,89	1870,0	7,27	5,65	3,80	11,10	11,39	0,70	0,00	3,70	5,20
68	TIQUA3	26,43	1,25	830,0	7,76	4,51	1,00	7,40	5,56	0,15	0,60	4,00	2,78
69	TIQUA4	30,72	1,62	1060,0	6,94	4,64	1,10	8,40	6,52	0,10	0,00	8,00	2,78
70	TIQUA5	27,48	2,05	1410,0	7,03	4,38	2,20	10,10	7,26	0,15	0,00	6,00	3,36
71	BARRET1	28,20	7,00	4730,0	7,20	4,26	34,50	19,90	12,52	0,39	0,00	4,10	4,96
72	BARRET	30,25	2,00	1300,0	7,29	4,15	0,70	10,30	8,96	0,13	0,00	6,40	2,62
73	BCAAT	28,19	0,50	370,0	8,26	6,50	1,10	2,20	2,74	0,16	0,60	3,60	0,20
74	BALDU	28,82	2,10	1400,0	7,28	5,73	0,60	8,30	7,56	0,25	0,00	3,50	3,13
75	LPORCO	25,49	1,80	1180,0	7,95	6,09	0,70	8,50	7,83	0,34	0,00	6,50	3,30
76	TIRIRICA	27,01	1,03	670,0	7,75	6,04	0,70	6,10	2,56	0,08	0,00	3,40	2,17
77	CURRALI	26,50	1,46	950,0	7,36	5,89	0,40	11,40	4,43	0,06	0,00	9,50	2,27
78	CAITITU	27,08	1,43	930,0	7,03	3,80	0,80	6,30	3,00	0,20	0,00	3,40	2,52
79	FBPRET	28,81	1,09	710,0	7,39	6,37	0,90	6,50	1,96	0,07	0,00	4,55	1,71
80	FNOVA	31,70	2,05	1350,0	7,71	3,20	0,80	10,10	7,83	0,13	0,00	6,00	3,23
81	HORTOS	27,49	2,78	1880,0	7,53	6,40	8,80	8,60	10,52	0,28	0,70	6,70	3,02
82	STEREZ1	30,08	0,12	80,0	5,97	5,55	0,20	0,80	0,84	0,02	0,00	0,35	0,01
82	STEREZ2	30,68	4,54	3130,0	7,27	5,22	14,30	20,80	10,39	0,34	0,10	5,60	2,83

Continua

No. de Ordem <sup>1</sup>	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Continuação						
							Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
82	STEREZ3	31,55	7,07	5070,0	6,85	5,10	24,40	25,60	20,00	0,56	0,40	8,95	2,94
83	BARAUNA	30,63	2,46	1720,0	7,10	4,63	13,60	7,00	6,30	0,07	0,00	7,75	2,96
84	ALDEIA	32,61	1,70	1190,0	7,39	4,74	5,10	7,30	7,22	0,07	0,00	9,95	1,71

No. de Ordem <sup>1</sup>	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	CSR (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )
35	SMONIC	0,60	0,01	2,02	0,34	0,73	29,98	-0,20	58,43	0,97
36	MAX1	13,40	0,02	5,02	0,96	2,20	544,64	-9,30	80,48	5,70
37	VGRAND	9,00	0,01	13,82	0,95	3,85	494,87	-2,80	50,31	0,96
38	ICO1	6,50	0,04	3,33	0,81	2,12	269,82	-4,20	70,14	4,19
39	ICO2	8,40	0,01	5,25	0,82	2,94	314,79	-5,00	70,56	5,12
40	BREJ2	1,60	0,40	0,42	0,16	1,31	44,97	-0,75	87,48	6,63
41	CVELHO	74,90	0,02	20,70	18,60	10,89	1624,24	-29,40	93,13	14,68
42	OLHOF	7,60	0,06	40,03	0,65	2,58	589,85	-4,30	45,49	0,84
43	VNOVA1	4,80	0,04	6,38	0,76	1,57	344,89	-2,20	45,47	0,79
45	SANT2	1,30	0,04	10,64	0,38	0,65	169,92	-0,60	29,60	0,50
46	GILO3	1,00	0,02	9,02	0,30	0,55	179,90	-0,40	23,69	0,33
47	GILO2	5,60	0,04	7,08	0,67	1,34	419,86	-3,90	48,70	1,06
44	CURT1	25,70	0,05	11,47	2,28	3,63	1229,77	-16,40	67,72	2,40
88	CHOROR	28,80	0,03	9,77	8,00	4,22	959,79	-15,80	82,44	6,33
49	LBAT1	0,70	0,04	0,41	0,06	0,98	24,98	-0,30	74,65	2,19
50	OLHODAG	0,70	0,06	12,90	0,11	0,53	154,85	-0,10	22,00	0,22
51	FBAR1	0,60	0,04	4,10	0,31	0,52	174,92	-0,30	15,87	0,21
52	PCOLH1	18,60	0,08	20,27	0,81	2,00	1004,39	-15,60	71,89	2,91

Continua

Continuação										
No. de	Código	Cl	Fe	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	RAS	DT	CSR	CIP	I.L.
Ordem <sup>1</sup>		(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	-----	(mg L <sup>-1</sup> )-----		(mmol L) <sup>-1/2</sup>	(mg L <sup>-1</sup> )	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	(%)	(mg L <sup>-1</sup> )
53	PCOLH2	21,70	0,10	74,54	0,67	2,68	959,18	-14,90	76,92	3,41
54	PCOLH3	21,80	0,07	14,80	1,27	2,58	954,57	-14,30	75,82	3,01
55	PCOLH4	6,80	0,05	48,28	0,48	3,41	464,91	-3,70	47,08	1,12
56	LMULUN	0,90	0,10	6,89	0,65	0,65	149,93	-0,10	23,84	0,31
57	CARATIU	0,60	0,77	4,92	0,03	1,04	24,98	-0,20	66,65	1,27
58	FBAR2	2,00	0,05	2,30	0,89	1,71	239,90	-0,20	25,19	0,54
63	FSUMI	23,70	0,10	8,88	1,49	3,85	839,90	-12,80	77,08	4,06
59	PBARR	2,30	0,09	6,08	0,64	5,29	159,94	2,80	22,00	0,60
64	GITIRANA	7,60	0,08	38,70	0,62	2,41	469,87	-4,30	53,39	1,19
60	FQUEIM	7,10	0,06	34,67	0,68	2,87	529,92	-4,00	45,22	0,95
61	TAQUA6	5,70	0,10	0,80	0,31	2,18	364,87	-3,35	51,09	1,14
62	TAQUA3	2,10	0,06	3,50	0,26	0,59	199,91	-0,80	39,74	0,40
65	MIRANG	0,60	2,08	0,36	0,18	0,76	94,94	0,00	21,21	0,33
66	TIQUA1	4,60	0,06	1,05	0,74	2,27	324,91	-1,40	39,30	0,95
67	TIQUA2	19,10	0,06	47,36	2,23	4,17	744,74	-11,20	69,06	4,11
68	TIQUA3	6,50	0,07	16,12	0,45	2,71	419,92	-3,80	47,81	1,39
69	TIQUA4	6,70	0,05	18,99	0,43	2,99	474,91	-1,50	39,39	0,76
70	TIQUA5	11,60	0,08	26,83	0,61	2,93	614,84	-6,30	56,25	1,57
71	BARRET1	56,50	0,10	177,40	2,04	2,40	2717,88	-50,30	86,76	8,97
72	BARRET	12,20	0,08	14,93	0,76	3,82	549,93	-4,60	57,97	1,43
73	BCAAT	1,30	0,08	8,32	0,45	2,13	164,93	0,90	24,58	0,23
74	BALDU	10,40	0,07	25,95	0,80	3,58	444,94	-5,40	62,00	2,43
75	LPORCO	8,00	0,05	47,11	0,99	3,65	459,93	-2,70	47,20	1,12
76	TIRIRICA	2,60	0,06	15,94	0,23	1,39	339,94	-3,40	33,90	0,95
77	CURRALI	4,10	0,09	13,28	0,28	1,82	589,94	-2,30	26,82	0,44
78	CAITITU	4,30	0,06	48,19	0,44	1,59	354,93	-3,70	46,17	1,32

Continua

No. de Ordem <sup>1</sup>	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe ------(mg L <sup>-1</sup> )-----	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	CSR (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Continuação	
									CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )
79	FBPRET	3,00	0,07	9,39	0,18	1,02	369,93	-2,85	33,49	0,68
80	FNOVA	11,70	0,12	22,01	0,89	3,35	544,92	-4,90	56,64	1,56
81	HORTOS	17,45	0,26	0,80	1,15	3,57	869,45	-10,00	62,63	1,78
82	STEREZ1	1,50	0,15	0,06	0,09	1,19	49,99	-0,65	80,66	2,52
82	STEREZ2	35,50	0,30	1,73	1,17	2,48	1754,08	-29,40	80,64	4,05
82	STEREZ3	59,35	0,43	1,58	2,11	4,00	2498,47	-40,65	82,85	4,03
83	BARAUNA	14,45	0,39	0,69	2,66	1,96	1029,16	-12,85	57,45	1,39
84	ALDEIA	6,70	0,34	0,45	0,56	2,90	619,67	-2,45	36,52	0,53

<sup>1</sup>Os números da ordem (14, 15, 16, 17, 36, 45, 48, 54) correspondem aos poços incluídos nas análises no período sem chuvas.

Tabela 7.3c. Variáveis de qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre no período sem chuvas (PV).

No. de Ordem <sup>1</sup>	Código	T (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----													
34	TAMB2	27,50	1,22	817,0	6,90	0,89	1,80	0,30	6,88	0,31	0,00	3,80	0,27
35	SMONIC	25,02	0,18	133,0	6,10	2,02	0,70	0,20	1,11	0,11	0,00	0,70	0,04
36	MAX1	27,52	1,59	1065,0	6,30	2,90	6,90	2,40	6,39	0,41	0,00	1,90	0,07
37	VGRAND	25,14	1,59	1052,0	7,50	1,41	2,70	4,40	9,86	0,18	0,00	2,80	0,63
39	ICO2	26,06	0,95	635,0	6,00	1,22	3,60	1,70	3,78	0,31	0,00	1,00	0,13
40	BREJ2	26,21	0,14	105,0	5,40	1,28	0,30	0,10	1,57	0,07	0,00	0,40	0,03
42	OLHOF	28,45	1,67	1124,0	7,10	1,20	6,00	3,50	6,70	0,15	0,00	6,20	0,50
43	VNOVA1	29,38	0,97	649,0	7,30	1,12	2,20	3,30	3,04	0,31	0,00	3,90	0,03
45	SANT2	25,68	1,65	1101,0	7,20	1,20	5,20	6,10	4,83	0,21	0,00	2,90	0,15
46	GILO3	25,83	0,37	256,0	7,60	1,26	1,70	1,70	1,09	0,12	0,00	3,30	0,01
47	GILO2	26,71	1,13	759,0	7,50	1,07	2,00	5,20	2,91	0,34	0,00	2,70	0,14
85	FSBENE	27,39	3,07	2105,0	7,00	1,07	6,60	11,70	10,78	0,71	0,00	2,80	0,62
48	SACO1	28,37	0,25	190,0	7,50	1,30	1,10	1,40	0,58	0,15	0,00	2,40	0,03
86	ONÇA	26,88	2,43	1644,0	6,80	1,11	12,60	5,50	0,86	0,29	0,00	3,00	0,35
87	SALINAS	26,66	4,55	3101,0	6,70	1,24	18,40	10,80	16,21	0,77	0,00	2,00	0,55
44	CURT1	23,40	2,65	1777,0	7,50	2,00	3,20	10,70	8,40	0,54	0,00	4,00	0,66
88	CHOROR	25,84	3,19	2073,0	7,60	2,06	2,90	12,60	14,12	1,44	0,40	5,80	0,46
49	LBAT1	24,91	0,05	45,0	6,40	1,85	0,10	0,30	0,27	0,01	0,00	0,30	0,04
50	OLHODAG	26,94	0,30	215,0	7,30	1,75	0,80	2,50	0,58	0,12	0,00	2,90	0,07
51	FBAR1	28,69	0,35	241,0	7,60	1,19	1,90	2,20	0,78	0,15	0,00	3,20	0,06
52	PCOLH1	26,11	3,10	2071,0	7,20	1,54	15,40	6,00	13,74	0,25	0,00	7,10	0,58
53	PCOLH2	23,45	3,33	2239,0	7,40	2,14	18,00	2,50	13,98	0,11	0,00	2,90	0,59
54	PCOLH3	25,86	3,00	2029,0	7,50	1,88	10,60	8,60	13,86	0,26	0,00	1,80	0,54
55	PCOLH4	25,32	2,79	1879,0	7,20	1,85	13,10	4,40	10,12	0,25	0,00	1,40	0,45

Continua

No. de Ordem	Código	Temp (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	Continuação				
											CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>		
													----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----		
56	LMULUN	20,76	0,44	301,0	8,30	2,42	1,30	1,80	1,11	0,26	0,70	2,00	0,06		
58	FBAR2	27,17	0,61	399,0	7,90	1,66	1,70	1,70	2,33	0,47	0,00	4,90	0,12		
63	FSUMI	27,96	2,91	1922,0	7,60	2,16	9,00	6,80	17,69	0,33	0,00	5,40	0,67		
59	PBARR	28,28	0,90	625,0	7,80	1,18	1,20	2,60	6,73	0,14	0,40	5,80	0,56		
64	GITIRANA	28,04	1,59	1055,0	7,50	1,54	7,60	2,90	3,94	0,14	0,00	5,70	0,56		
60	FQUEIM	28,49	1,50	1028,0	7,80	1,34	3,00	6,10	6,57	0,13	0,00	7,30	0,52		
61	TAQUA6	32,39	0,96	640,0	7,80	2,18	2,20	5,50	3,82	0,11	0,20	3,80	0,10		
62	TAQUA3	32,32	0,96	627,0	7,10	4,83	2,20	2,30	4,28	0,26	0,30	3,50	0,08		
89	TAQUA	31,97	0,44	286,0	7,60	3,10	1,70	0,80	1,92	0,13	0,30	3,20	0,01		
66	TIQUA1	28,17	1,09	714,0	8,00	9,96	1,60	2,80	4,99	0,23	0,70	3,70	0,25		
67	TIQUA2	26,19	3,39	2283,0	7,60	7,18	5,00	10,20	17,60	0,67	0,00	5,90	1,42		
68	TIQUA3	26,56	1,46	960,0	7,50	8,32	2,80	3,60	5,62	0,12	0,00	5,50	0,63		
69	TIQUA4	29,61	1,64	1082,0	7,20	5,71	2,30	7,50	5,54	0,12	0,00	5,60	0,66		
71	BARRET1	28,09	7,17	5060,0	7,50	6,35	40,30	18,00	18,04	0,50	0,00	4,00	1,23		
72	BARRET	29,20	2,02	1360,0	7,80	5,16	1,30	10,00	8,34	0,13	0,00	4,80	0,62		
90	BARRET2	26,06	4,65	3201,0	7,70	6,18	24,80	11,50	0,13	0,41	0,00	1,40	1,05		
73	BCAAT	27,04	0,53	359,0	8,21	6,40	1,00	2,10	2,38	0,14	0,60	3,50	0,08		
74	BALDU	24,24	2,02	1353,0	7,60	8,78	2,60	8,30	6,52	0,28	0,00	3,30	0,71		
91	GALEGO	27,50	2,88	1904,0	7,30	5,83	2,60	12,60	9,51	0,11	0,00	7,10	1,05		
75	LPORCO	24,71	2,00	1328,0	7,70	7,17	2,40	9,40	0,09	0,37	0,00	4,40	0,75		
76	TIRIRICA	27,00	0,92	675,0	7,60	6,72	2,10	5,00	0,95	0,07	0,00	4,00	0,25		
77	CURRALI	27,14	1,43	822,0	7,90	6,46	1,00	10,60	3,45	0,07	0,70	8,00	0,49		
78	CAITITU	26,72	1,38	927,0	7,40	5,68	2,10	5,50	0,02	0,11	0,00	3,40	0,33		
79	FBPRET	27,12	1,05	710,0	7,90	6,63	1,50	7,00	1,25	0,20	0,70	7,50	0,16		
92	FBPRET1	22,63	0,87	568,0	8,10	0,03	1,40	5,90	1,42	0,06	0,80	4,90	0,17		
80	FNOVA	24,97	2,03	1369,0	7,90	7,99	2,30	9,90	8,16	0,12	0,80	5,90	0,72		

Continua

Continuação

No. de Ordem	Código	Temp (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	SDT (mg L <sup>-1</sup> )	pH	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
							----- (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) -----						
81	HORTOS	31,80	2,53	1714,0	7,90	15,30	1,80	11,80	13,71	0,27	0,00	5,60	1,47
82	STEREZ1	31,62	0,26	40,0	7,10	10,27	0,30	0,80	0,85	0,03	0,00	0,60	0,03
82	STEREZ2	31,53	5,04	3570,0	7,90	12,06	13,20	24,30	18,33	0,38	0,00	2,20	1,58
82	STEREZ3	31,76	7,64	5427,0	7,80	8,19	22,50	36,30	20,17	0,60	0,00	5,00	1,65
83	BARAUNA	31,73	2,71	1851,0	7,50	12,79	10,80	10,10	8,40	0,07	0,00	5,40	1,51
84	ALDEIA	31,77	2,15	1444,0	8,00	14,18	2,70	7,70	11,73	0,08	0,40	5,60	1,09

No. de Ordem	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe	NH <sub>3</sub> -N	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )
			----- (mg L <sup>-1</sup> ) -----						
34	TAMB2	5,60	0,000	0,74	6,71	104,94	1,70	63,62	0,91
35	SMONIC	1,10	0,000	0,59	1,65	44,98	-0,20	77,89	0,96
36	MAX1	14,00	0,000	1,12	2,96	464,80	-7,40	88,57	4,32
37	VGRAND	13,50	0,000	0,90	5,23	355,01	-4,30	83,14	2,98
39	ICO2	8,40	0,000	0,91	2,32	264,91	-4,30	88,88	4,99
49	BREJ2	1,80	0,000	0,36	3,51	19,99	0,00	82,56	2,68
42	OLHOF	9,00	0,012	0,42	3,07	474,86	-3,30	63,52	0,91
43	VNOVA1	4,80	0,058	0,83	1,83	275,00	-1,60	56,90	0,72
45	SANT2	13,50	0,031	1,14	2,03	564,96	-8,40	84,04	2,75
46	GILO3	0,80	0,000	0,63	0,84	169,98	-0,10	69,12	0,14
47	GILO2	6,70	3,688	0,98	1,53	360,06	-4,50	78,12	1,48
85	FSBENE	25,70	0,055	2,95	3,56	915,04	-15,50	88,41	5,52
48	SACO1	0,50	0,076	0,39	0,52	124,99	-0,10	71,54	0,13
86	ONÇA	18,20	0,105	1,04	0,29	904,66	-15,10	85,54	3,62
87	SALINAS	43,10	0,050	2,35	4,24	1459,57	-27,20	94,59	12,76
44	CURT1	18,50	0,021	2,58	3,19	695,15	-9,90	82,95	2,82

Continua

Continuação									
No. de Ordem	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe ------(mg L <sup>-1</sup> )-----	NH <sub>3</sub> -N	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	I.L. (mg L <sup>-1</sup> )
88	CHOROR	23,20	0,029	2,21	5,07	775,21	-9,30	79,78	2,31
49	LBAT1	0,20	0,030	0,08	0,60	20,00	-0,10	77,66	0,49
50	OLHODAG	0,90	0,032	0,23	0,45	165,03	-0,40	47,89	0,20
51	FBAR1	2,00	0,000	0,20	0,54	204,98	-0,90	58,62	0,38
52	PCOLH1	25,60	0,000	0,70	4,20	1069,57	-14,30	78,71	2,16
53	PCOLH2	29,30	0,000	0,64	4,37	1024,38	-17,60	91,05	6,04
54	PCOLH3	29,90	0,000	0,72	4,47	959,81	-17,40	93,47	9,90
55	PCOLH4	25,30	0,000	0,45	3,42	874,61	-16,10	93,83	10,77
56	LMULUN	1,50	0,000	0,62	0,89	155,00	-0,40	88,96	0,39
58	FBAR2	1,40	0,000	0,67	1,79	169,98	1,50	45,80	0,19
63	FSUMI	27,60	0,000	0,65	6,29	789,83	-10,40	82,58	3,07
59	PBARR	2,70	0,018	0,55	4,88	190,02	2,40	55,93	0,34
64	GITIRANA	7,00	0,031	0,40	1,72	524,78	-4,80	62,23	0,79
60	FQUEIM	6,70	0,000	0,35	3,08	455,04	-1,80	57,00	0,59
61	TAQUA6	6,10	0,020	0,28	1,95	385,05	-3,70	62,18	0,93
62	TAQUA3	5,10	0,043	0,30	2,85	224,97	-0,70	58,74	0,83
89	TAQUA	1,00	0,025	0,18	1,72	124,96	1,00	27,02	0,18
66	TIQUA1	4,70	0,001	0,45	3,36	220,01	0,00	58,97	0,72
67	TIQUA2	27,50	0,000	1,35	6,38	760,07	-9,30	80,41	2,90
68	TIQUA3	5,50	0,000	0,31	3,14	319,98	-0,90	52,28	0,67
69	TIQUA4	9,50	0,000	0,21	2,50	490,10	-4,20	61,99	1,08
71	BARRET1	68,40	0,600	0,84	3,34	2913,92	-54,30	93,20	10,19
72	BARRET	12,60	0,001	0,25	3,51	565,20	-6,50	71,34	1,63
90	BARRET2	32,00	0,041	0,88	0,03	1814,35	-34,90	93,38	13,89

Continua

No. de Ordem	Código	Cl (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Fe ------(mg L <sup>-1</sup> )-----	NH <sub>3</sub> -N	RAS (mmol L) <sup>-1/2</sup>	DT (mg L <sup>-1</sup> )	RSC (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CIP (%)	Continuação
									I.L. (mg L <sup>-1</sup> )
73	BCAAT	1,60	0,000	0,79	1,91	155,01	1,00	47,99	0,26
74	BALDU	13,30	0,024	0,60	2,79	545,11	-7,60	79,20	2,51
91	GALEGO	15,10	0,041	0,38	3,45	760,22	-8,10	67,48	1,35
75	LPORCO	8,70	0,028	0,67	0,04	590,15	-7,40	76,82	1,28
76	TIRIRICA	4,30	0,022	0,14	0,50	355,05	-3,10	70,63	0,67
77	CURRALI	5,90	0,000	0,17	1,43	580,23	-2,90	55,98	0,46
78	CAITITU	3,80	0,015	0,21	0,01	380,06	-4,20	70,28	0,73
79	FBPRET	2,90	0,013	0,15	0,61	425,12	-0,30	49,52	0,23
92	FBPRET1	2,50	0,000	0,24	0,74	365,10	-1,60	71,66	0,30
80	FNOVA	12,50	0,015	0,41	3,30	610,16	-5,50	75,76	1,25
81	HORTOS	18,80	0,000	0,33	5,26	680,23	-8,00	74,06	2,16
82	STEREZ1	1,30	0,000	0,79	1,15	55,01	-0,50	78,86	1,30
82	STEREZ2	47,50	0,000	0,46	4,23	1875,11	-35,30	92,78	13,13
82	STEREZ3	67,00	0,000	0,75	3,72	2940,06	-53,80	91,08	8,06
83	BARAUNA	20,60	0,000	0,71	2,60	1044,84	-15,50	75,29	2,44
84	ALDEIA	15,10	0,000	0,21	5,14	520,09	-4,40	69,39	1,66

<sup>1</sup>Os números da ordem (5, 8, 28, 37 e 42) correspondem aos poços que não estavam funcionando no período sem chuvas.

Tabela 7.4. Área dos municípios pertencentes à bacia do Salitre e densidade populacional referente ao rebanho bovino, caprino e ovino.

Município	Área (km <sup>2</sup> )	Densidade populacional (cab. km <sup>-2</sup> )		
		Bovino	Caprino	Ovino
Morro Chapéu	1.101,40	5,66	1,68	0,81
Várzea Nova	1.169,90	6,53	3,37	3,27
Miguel Calmon	108,20	26,06	0,49	2,84
Ourolândia	1.281,10	8,58	10,58	4,39
Umburanas	1.345,90	1,37	3,15	0,48
Jacobina	869,40	17,85	1,93	0,85
Mirangaba	1.160,30	10,20	2,00	1,61
Campo Formoso	5.377,30	6,51	9,93	3,28
Juazeiro	786,30	5,09	25,25	15,98

Tabela 7.5. Valores de referência dos parâmetros indicadores de qualidade de água estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1975) e pela Resolução n°. 20/86 (CONAMA, 1986) para a classe 1.

Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência		Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência	
		OMS	CONAMA			OMS	CONAMA
Parâmetros Físicos							
Cor	Pt L <sup>-1</sup>	15	N.N*.	Materiais flutuantes	-		V.A.
Odor e sabor	-	Inofensivo	V.A*.	Óleos e graxas	mg L <sup>-1</sup>		V.A.
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	mg L <sup>-1</sup>	500	-	Corantes artificiais	mg L <sup>-1</sup>		V.A.
Turbidez	UNT	5	≤ 40	Sólidos sedimentáveis	mg L <sup>-1</sup>		V.A.
Temperatura	°C	-	-	Sólidos Dissolvidos Totais	mg L <sup>-1</sup>	1000	500
pH	-	6,5-8,5	6,0 - 9,0	Oxigênio dissolvido	mg L <sup>-1</sup>	-	≥ 6,0
Parâmetros Inorgânicos							
Alumínio	mg L <sup>-1</sup> Al	0,2	0,1	Fosfato total	mg L <sup>-1</sup> P	-	0,025
Arsênio	mg L <sup>-1</sup> As	0,05	0,05	Ferro solúvel	mg L <sup>-1</sup> Fe	0,3	0,3
Bário	mg L <sup>-1</sup> Ba	-	1,0	Fluoretos	mg L <sup>-1</sup> F	1,5	1,4
Belírio	mg L <sup>-1</sup> Be	-	0,1	Lítio	mg L <sup>-1</sup> Li		2,5
Boro	mg L <sup>-1</sup> B	-	0,75	Manganês	mg L <sup>-1</sup> Mn	0,1	0,1
Cádmio	mg L <sup>-1</sup> Cd	0,005	0,001	Mercúrio	mg L <sup>-1</sup> H	0,001	0,0002

Continua

Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência		Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência	
		OMS	CONAMA			OMS	CONAMA
Parâmetros Inorgânicos							
Chumbo	mg L <sup>-1</sup> Pb	0,05	0,03	Nitrato	mg L <sup>-1</sup> N	10	10
Cianetos	mg L <sup>-1</sup> CN	0,1	0,01	Nitrito	mg L <sup>-1</sup> N	-	1,0
Estanho	mg L <sup>-1</sup> Sn		2,0	Amônia	mg L <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>		0,02
Cloretos	mg L <sup>-1</sup> Cl	-	250	Amônia livre	mg L <sup>-1</sup> N		-
Sódio	mg L <sup>-1</sup> Na	200	-	Níquel	mg L <sup>-1</sup> Ni		0,025
Cloro residual	mg L <sup>-1</sup> Cl	-	0,01	Prata	mg L <sup>-1</sup> Ag	-	0,01
Cobalto	mg L <sup>-1</sup> Co		0,2	Selênio	mg L <sup>-1</sup> Se	0,01	0,01
Cobre	mg L <sup>-1</sup> Cu	1,0	0,02	Sulfatos	mg L <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub>	400	250
Cromo trivalente	mg L <sup>-1</sup> Cr		0,5	Enxofre	mg L <sup>-1</sup> S		0,002
Cromo hexavalente	mg L <sup>-1</sup> Cr	0,05	0,05	Urânio	mg L <sup>-1</sup> U		0,02
Vanádio	mg L <sup>-1</sup> V		0,1	Zinco	mg L <sup>-1</sup> Zn	5,0	0,18

Fonte: Adaptado de Santos (1997) e Nascimento (1998); V.A. Virtualmente ausente; N.N. nível natural.