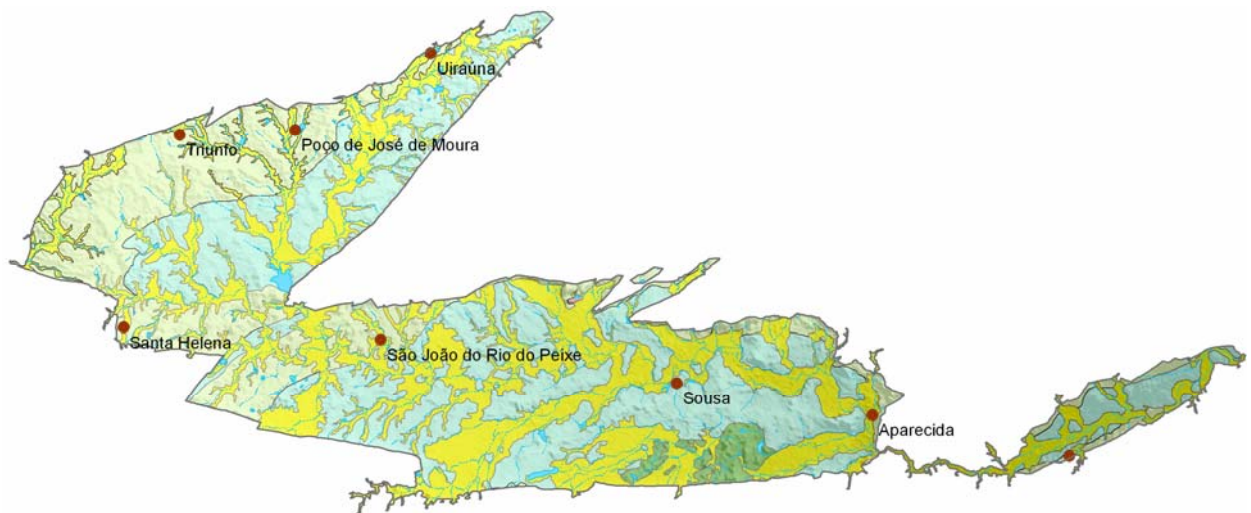




Rede Cooperativa de Pesquisa

COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO



“HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO RIO DO PEIXE”

Meta D

Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade

Outubro/2007

**Ministério de
Minas e Energia**

**Ministério da
Ciência e Tecnologia**



Rede Cooperativa de Pesquisa

**COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO
SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

***“HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO
RIO DO PEIXE”***

Meta D

Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade

Execução:

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Outubro / 2007

REDE COOPERATIVA DE PESQUISA

COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Coordenação

Período 2004/2005 – Dr. *Waldir Duarte Costa*

Período 2006/2007 – MSc *Fernando A. C. Feitosa*

Instituições Participantes

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Coordenação: MSc *Fernando Antonio Carneiro Feitosa*

MSc *Jaime Quintas dos Santos Colares*

Universidade Federal da Bahia – UFBA

Coordenadora: Dra. Joana Angélica Guimarães da Luz

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Coordenador: Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan

Universidade Federal do Ceará – UFC

Coordenadora: Dra. Maria Marlúcia Freitas Santiago

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Coordenador: Dr. José Geilson Alves Demetrio

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Coordenador: Dr. José Geraldo de Melo

Bacia Sedimentar do Rio do Peixe

Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe

Meta A – Relatório Diagnóstico do Estado da Arte

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

Dr. Carlos de Oliveira Galvão - UFCG

Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro - UFCG

José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos

Item 1 – Revisão Geológica

Esp. Dunaldson E. G. Alcoforado da Rocha – CPRM

MSc Cristiano de Andrade Amaral– CPRM

Item 2 – Levantamento Geofísico por Eletrorresistividade

MSc Edilton Carneiro Feitosa - Consultor

Meta C – Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos

Item 1 – Definição da Rede de Poços para Monitoramento

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Item 2 – Instalação de Equipamentos

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Ismael José Pereira – Técnico em Laboratório

Item 3 – Testes de Aquífero

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

MSc Waldir Duarte Costa Filho - CPRM

Armando Arruda Câmara Filho

Item 4 – Elaboração de Mapas Potenciométricos

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Kiosthenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC / CNPq

Israel José Pereira – Técnico em Laboratório

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Item 5 – Balanço Hídrico

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Carlos de Oliveira Galvão - UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Item 6 – Elaboração de Modelos de Fluxo

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Kiosthenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Item 7 – Avaliação dos Recursos de Água Subterrânea da Bacia

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Meta D – Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade

Item 1 – Estudos Hidroquímicos e Isotópicos

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Julio Cesar Sebastiani Kunzler – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando / CT-Hidro/CNPq

Kiosthenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Renato de Oliveira Fernandes - Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Ismael José Pereira – Técnico em Laboratório

Item 2 – Estudos de Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Kiosthenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq

Esp.. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Renato de Oliveira Fernandes - Inic. Científica / PIBIC /CNPq

Ismael José Pereira – Técnico em Laboratório

Meta E – Subsídios à Gestão das Águas Subterrâneas da Bacia

MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG

Dr. Vajapeyam Srirangachar Srinivasan – UFCG

MSc Janiro Costa Rego – UFCG

Dr. Hans Dieter Max Schuster – UFCG

Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG

Dr. Carlos de Oliveira Galvão - UFCG

Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro - UFCG

MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG

Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM

Meta F – Estruturação e Alimentação da Base de Dados em SIG

Coordenação executiva: Francisco Edson Mendonça Gomes – CPRM

Colaboração:

Esp. Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão - CPRM

Eriveldo da Silva Mendonça - Desenvolvimento do aplicativo multimídia - CPRM

Érika Gomes Brito - CPRM

SUMÁRIO DA META D

CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E DE VULNERABILIDADE

META D – CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E DE VULNERABILIDADE	01
1. Introdução	01
2. Caracterização Hidrogeoquímica	01
2.1 - Definição da Rede de Monitoramento, da rede qualidade das águas e coleta de amostras	01
2.2 – Estudos Hidrogeoquímicos	03
2.3 – Interpretação dos resultados e elaboração de mapas temáticos	07
3. Estudo de vulnerabilidade e riscos de contaminação dos aquíferos	49
3.1 – Avaliação e mapeamento da vulnerabilidade natural	49
3.2 – Caracterização e mapeamento das fontes potenciais de poluição	57
4. Mapeamento dos riscos de poluição	63
5. Referências Bibliográficas	74

ANEXOS

1. Cadastro de poços
2. Rede de monitoramento qualitativo
3. Análise geral da qualidade das águas subterrâneas

LISTA DE FIGURAS

1 - Quantitativo dos tipos de pontos d'água selecionados para monitoramento..	02
2 - Distribuição da rede por tipo de aquífero captado	02
3 - Distribuição dos pontos d'água que tiveram em sua maioria a medição de condutividade elétrica e pH no campo.	02
4 - Mapa de condutividade elétrica medida em campo (142 poços), agosto 2005.	04
5 - Mapa de condutividade elétrica medida em campo (60 poços), outubro de 2005.	04
6 - Mapa de condutividade elétrica medida em campo (89 poços), Maio de 2006.	05
7 - Distribuição espacial dos poços amostrados no período de agosto 2005 a fevereiro 2007 nas diferentes formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.	06
8 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas das quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar de São João do Rio do Peixe- PB.	08
9 - Gráficos GT2 (fator único) para os 6 maiores agrupamentos da qualidade da água de 111 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas entre agosto 2005F e fevereiro 2007	23
10 - Distribuição dos agrupamentos dos poços segundo a qualidade de suas águas (111 amostras), na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe – PB, no período de agosto 2005 a fevereiro de 2007.	26
11 - Distribuição dos agrupamentos dos poços segundo a qualidade de suas águas (111 amostras), na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe – PB, no período de agosto 2005 a fevereiro de 2007	27
12 - Distribuição dos 111 poços amostrados no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas, se usadas para irrigação.	29

13 - Mapa com a distribuição das classes d'água para irrigação segundo Riverside (USLL) e das atividades antropogênicas sobre a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.	18
14 - Mapas da distribuição espacial na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe dos parâmetros: (A) pH; (B) Condutividade Elétrica (S/cm); (C) SDT (mg/L) e (D) Sulfato (mg/L).	20
15 - Mapas da distribuição espacial na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe dos parâmetros: (A) Sódio (mg/L); (B) Cloreto (mg/L); (C) Magnésio (mg/L) e (D) Dureza (mg/L).	21
16 - Mapa da distribuição espacial da qualidade sanitária de 37 poços amostrados em três campanhas (agosto e novembro de 2006 e fevereiro 2007) na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.	23
17 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas de 45 poços na primeira época de seca (agosto-novembro/2005), distribuídos nas quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar de São João do Rio do Peixe.	27
18 - Gráficos GT2 (fator único) para os 6 maiores agrupamentos da qualidade da água de 45 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas em agosto a novembro de 2005, época de seca.	29
l 19 - Gráficos GT2 (fator único) para os 6 maiores agrupamentos da qualidade da água de 45 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas em agosto a novembro de 2005, época de seca.	30
20 - Gráficos Box- plot apresentam de forma mais detalhada, as flutuações dos parâmetros na estação seca de 2005.	31
21 - Gráficos Box-plot apresentam de forma mais detalhada as flutuações dos parâmetros na estação seca de 2005	32
22 - Gráficos Box- plot apresentam de forma mais detalhada as flutuações dos parâmetros na estação seca de 2005.	33
23 - Distribuição dos 45 poços amostrados na seca de 2005, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas.	34
24 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas de 45 poços na segunda época seca (agosto-novembro/2006) distribuídos nas quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe. PB.	36
25 - Gráficos GT2 (fator único) para os 4 maiores agrupamentos da qualidade da água de 45 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas em agosto a novembro de 2006, época de seca.	37
26 - Gráficos Blox-pot 4 com as variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo de agosto a novembro de 2006, época de seca.	38
27 - Gráficos Blox-pot 4 com as variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo de agosto a novembro de 2006, época de seca	39
28 - Gráficos Blox-pot 4 com as variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo de agosto a novembro de 2006, época de seca.	40
29 - Distribuição dos 45 poços amostrados no período seco de 2006, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas, se for usadas para irrigação.	41
30 - Íons predominantes nas águas subterrâneas de 21 poços na primeira época de chuva (maio 2006) distribuídos nas quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe-PB.	43
31 - Distribuição dos 21 poços amostrados no período de chuva de 2006, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas.	44

32 - Íons predominantes nas águas subterrâneas de 21 poços na segunda época de chuva (fevereiro 2007) distribuídos nas quatro formações geológicas da bacia.	45
33 - Distribuição dos 21 poços amostrados no período seco de 2007, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas.	46
34 - Distribuição, por faixa de concentração, de coliformes totais em águas de poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe (agosto e novembro de 2006 e fevereiro de 2007).	48
35 - Distribuição, por faixa de concentração, de E.coli em águas de poços da Bacia do Rio do Peixe (agosto e novembro de 2006 e fevereiro de 2007).	48
36 – Esquema para avaliação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos.	52
37 – Área de ocorrência das Aluviões. Índice $G= 1,00$	53
38 – Poços amazonas monitorados em todas as etapas de campo	54
39 – Área de ocorrência do Aquífero Rio Piranhas e distribuição dos poços	54
40 – Área de ocorrência do Aquífero Sousa e distribuição dos poços monitorados.	55
41 – Área de ocorrência do Aquífero Antenor Navarro – quando Livre - e distribuição dos poços monitorados	56
42 – Classificação da Bacia do Rio do Peixe em relação ao seu grau de vulnerabilidade.	57
43 – Distribuição percentual dos tipos de saneamento pelas zonas urbanas e rurais	58
44 – Distribuição geográfica dos postos de combustíveis e poços tubulares localizados em suas proximidades	62
45 – Distribuição geográfica das áreas irrigadas e poços tubulares em suas proximidades.	66
46 – Distribuição geográfica das principais indústrias cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e dos poços tubulares localizados em suas proximidades	67
47 – Localização dos principais lixões e dos poços tubulares localizados em suas proximidades	69
48 – Distribuição geográfica dos cemitérios cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e dos poços tubulares localizados em suas proximidades	69
49 – Localização das fontes potenciais de poluições cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe	
50 – Risco de contaminação; Áreas A e B – risco moderado a alto, Área C – risco baixo de contaminação.	87

META D - CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E DE VULNERABILIDADE

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade apresentar as atividades desenvolvidas e os produtos gerados a partir dos estudos realizados na Bacia do Rio do Peixe, localizada nos estados da Paraíba e em parte do Ceará, visando a caracterização hidrogeoquímica e de vulnerabilidade do seu sistema aquífero.

Trata-se de um dos temas abordados no âmbito das atividades previstas pelo Convênio N^o 01.04.0623.00 - “Comportamento Hidrogeológico da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe” - celebrado entre a FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM que contou também com a participação efetiva da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande no desenvolvimento dos trabalhos de campo e escritório.

A seguir, são apresentados estes resultados, executados pela CPRM e a UFCG, quase sempre com a interação e a participação mútua entre estas duas instituições.

2. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA

Autores: Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos - UFCG; MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque - UFCG; MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá - UFCG; Julio Cesar Sebastiani Kunzler - Mestrando/CT-Hidro/CNPq; Gracieli Louise Monteiro Brito – Mestrando/CT-Hidro/CNPq; Kiothenes Moreira Pinheiro - Inic. Científica/PIBIC/CNPq; Esp. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM; Ismael José Pereira – UFCG.

2.1 - Definição da rede de monitoramento de qualidade de água e coleta de amostras

Metodologia (Dados de Condutividade obtidas em Campo)

A rede de poços selecionados para monitoramento qualitativo, foi definida após a análise dos pontos inventariados (preliminarmente visitados em campo). Foram adotados para esta seleção os critérios de tipo de aquíferos captados e a distribuição geográfica destes poços na bacia. Ao todo foram selecionados 328 pontos d'água ([Anexo 1](#)) representados por 291 poços tubulares, 27 poços amazonas, 01 fonte termal, e 08 corpos de água superficiais (açudes e lagoas).

Nestes pontos d'água, selecionados para monitoramento de campo, foram medidos “in loco” os valores de condutividade elétrica, pH e temperatura ambiente.

Posteriormente, devido a questões operacionais e aos conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento dos trabalhos, esta rede foi reduzida para cerca de 127 poços tubulares, sendo acrescentados, porém, 34 poços amazonas. Além da medição dos parâmetros hidroquímicos já citados realizados em campo foram coletadas amostras destes pontos d'água para execução de análises físico-químicas, bacteriológicas, como se vê na seqüência deste relatório.

A Figura 1 mostra os quantitativos por tipos de pontos d'água selecionados na área da Bacia do Rio do Peixe, a Figura 2 a distribuição da rede por tipo de aquífero captado e corpos d'água superficiais (açudes e barragens). e a Figura 3 a distribuição destes poços na bacia do Rio do Peixe.

PONTOS D'ÁGUA SELECIONADOS

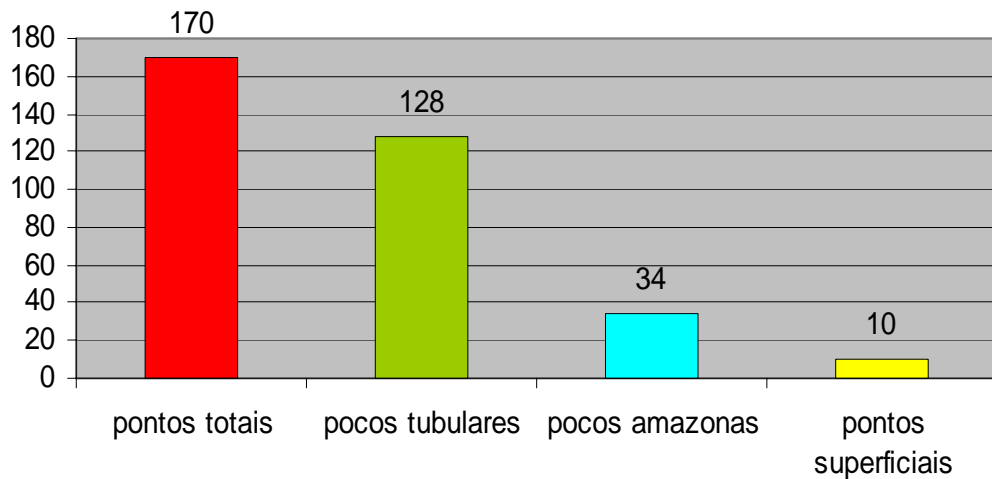


Figura 1 – Quantitativo dos tipos de pontos d'água selecionados para monitoramento.

Pocos por Tipo de Aquíferos - Seleoção para monitoramento qualitativo

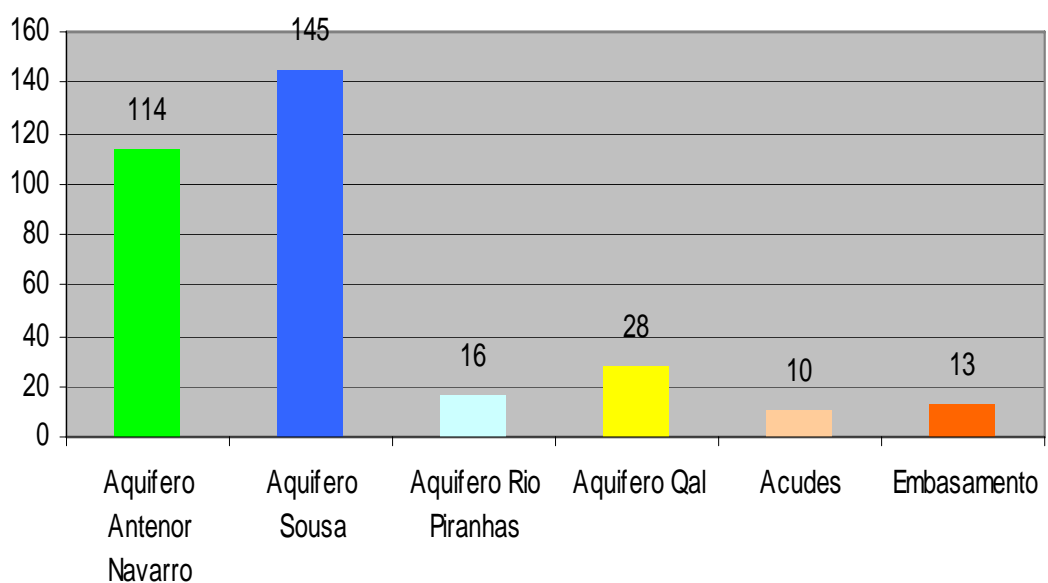


Figura 2 - Distribuição da rede por monitoramento por tipo de aquífero captado

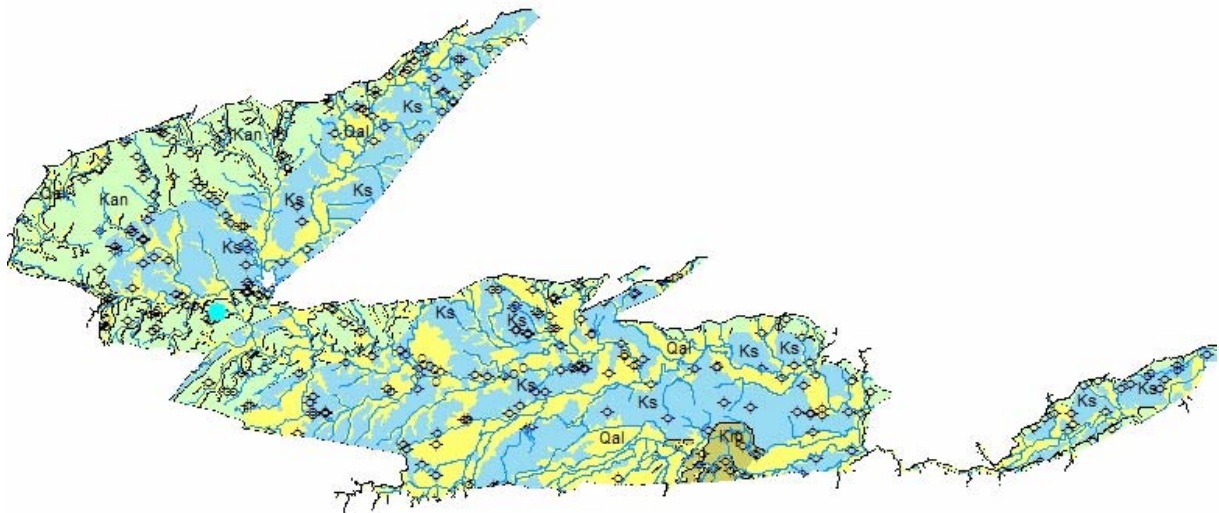


Figura 3 – Distribuição dos pontos d'água que tiveram em sua maioria a medição de condutividade elétrica e pH no campo.

Foram gerados, diversos mapas de isopiezas de condutividades elétricas referentes aos dados coletados em algumas etapas de campo, agosto e outubro de 2005 e maio de 2006 como podem ser observados nas Figuras 4 a 6.

Observa-se o decréscimo gradativo dos valores da condutividade elétrica a partir de agosto de 2005, outubro de 2005 meses de seca e maio de 2006 quando ocorre o período mais chuvoso da região.

2.2 - Estudos Hidrogeoquímicos

Os parâmetros analisados foram os mais frequentes para avaliar a qualidade da água, incluindo variáveis fundamentais para definir se essas águas são aptas para consumo humano e outras importantes para uso da água na irrigação: pH, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (STD), cátions – Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e ânions – Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, entre outros, dureza, alcalinidade, série nitrogenada, fósforo total e ferro. Os parâmetros bacteriológicos foram coliformes totais e *Escherichia coli*, usando-se o método de substrato definido ou método cromogênico (MUG-COLILERT/IDEXX). Os procedimentos analíticos foram os adotados pela APHA (1998).

, Rede de Monitoramento da rede de qualidade e coleta de amostras.

Foram coletadas amostras d'água de 112 poços distribuídos nas três formações geológicas e nos aluviões que constituem a bacia sedimentar, para análise dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água. O total de amostras analisadas foi de 112. Para isso, foram feitas 6 campanhas de coleta de amostras entre os meses de agosto e novembro de 2005, maio, agosto e novembro de 2006 e fevereiro de 2007 (Anexo 2), abrangendo épocas de secas e de chuvas.

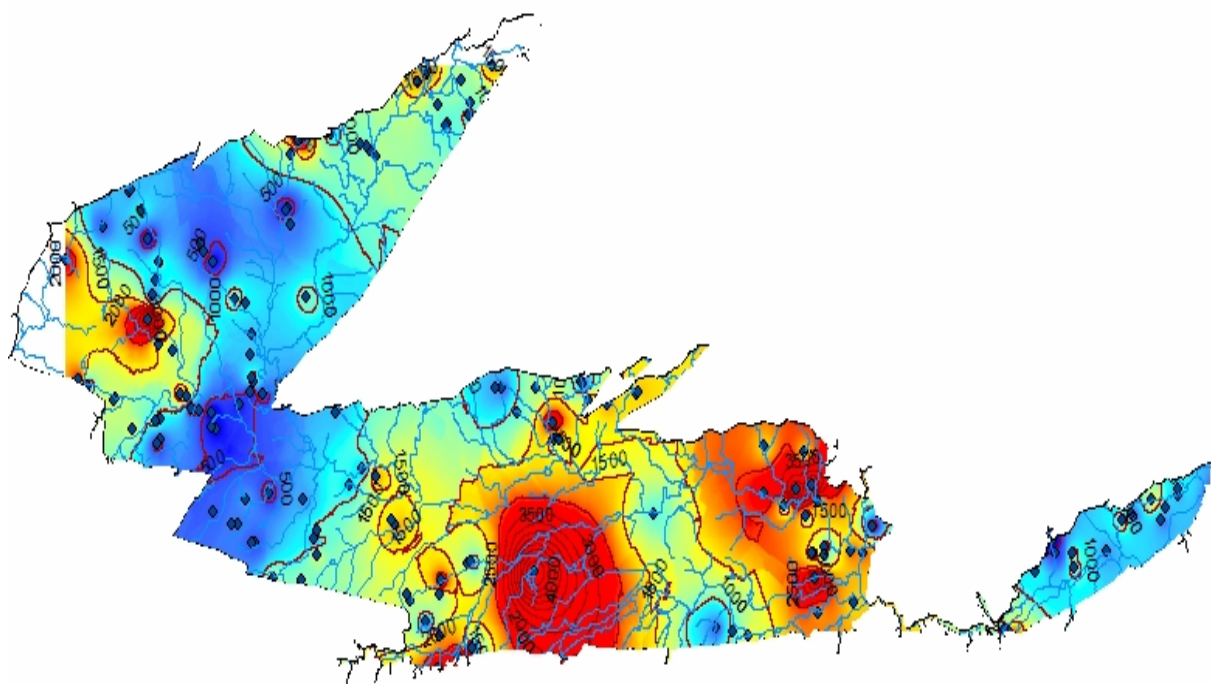


Figura 4 - Mapa de condutividade elétrica medido em campo (142 poços), agosto 2005

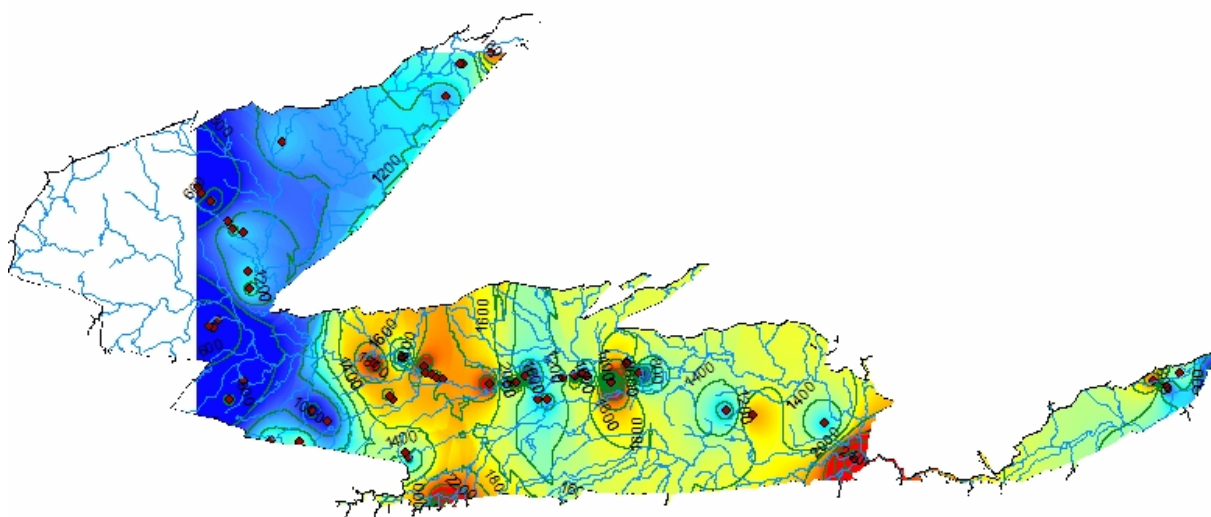


Figura 5 - Mapa de condutividade elétrica medido em campo (60 poços), outubro de 2005.

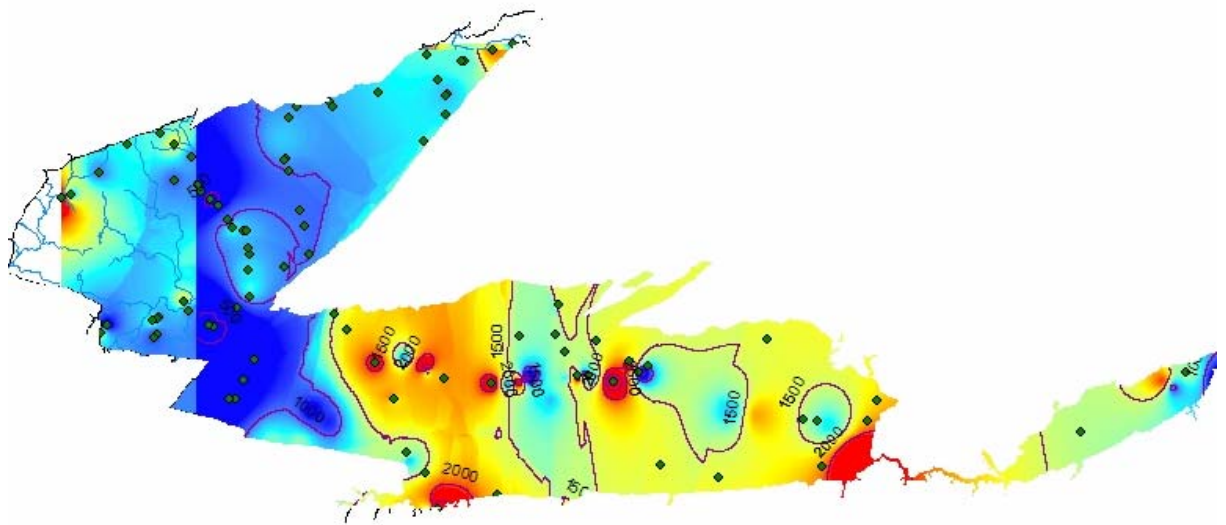


Figura 6 - Mapa de condutividade elétrica medida em campo 89 poços), maio de 2006.

Os critérios aplicados para a escolha dos poços foram: sua distribuição nas diferentes formações aquíferas inseridas na bacia; o tipo de poço (amazonas e tubular) e a sua proximidade com fontes potencialmente poluidoras (atividades antrópicas na bacia de drenagem).

As amostras de água para análises físicos e químicos foram coletadas em frascos plásticos atóxicos perfeitamente limpos e encaminhados ao Laboratório de Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)/Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, para análises. As amostras para análises microbiológicas foram coletadas em frascos de vidro neutros estéreis (2 horas em estufa a 170°C), cor caramelo e boca larga, protegida com papel de alumínio.

O mapa da Figura 7 mostra a distribuição espacial dos poços amostrados na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe ao longo de todo o período de estudo (agosto de 2005 a fevereiro de 2007). Observa-se que os mesmos se distribuem em toda a extensão da bacia, nas diferentes formações geológicas.

. Análise de amostras físico-químicas, bacteriológicas.

A análise dos dados considerou estudos de distribuição espacial e de variação temporal da qualidade da água da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe. Os dados foram checados e das 112 amostras observou-se duas provenientes do mesmo poço na mesma coleta, sendo então uma delas excluída, ficando então, para a avaliação final, uma rede constituída de 111 poços diferentes.

Em um primeiro momento, os dados de qualidade das águas dos poços amostrados foram submetidos a uma análise global, utilizando-se todos os resultados levantados no período de estudo, com a finalidade de se obter informações gerais sobre a qualidade das águas.

Posteriormente foi feita a segregação dos dados por época de coleta das amostras, de seca e de chuva. Esse estudo permitiu comparar a variação da qualidade nas diferentes épocas, sob influência das águas de recarga dos aquíferos.

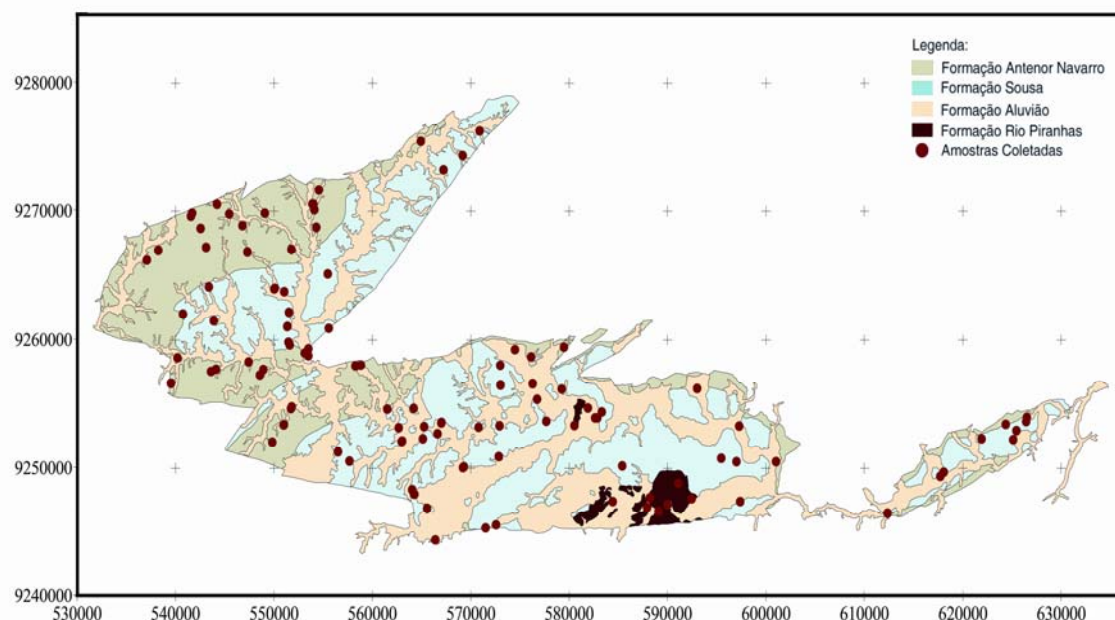


Figura 7 - Distribuição espacial dos poços amostrados no período de agosto 2005 a fevereiro 2007 nas diferentes formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

A análise dos resultados obedeceu ao seguinte roteiro:

- 1) elaboração de mapa com a distribuição dos poços amostrados (ArcView);
- 2) análise estatística básica (média, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos);
- 3) análise de agrupamento (SPSS 14.0 for Windows, PEREIRA, 1999), objetivando identificar as águas de poços de qualidade semelhante e verificar uma possível relação entre a qualidade e a composição litológica do aquífero na qual o poço está inserido;
- 4) análises de variância ANOVA fator único, seguida pelo método gráfico GT2 de Hochberg's, de comparação múltipla das médias (Sokal & Rohlf, 1981), para definir os parâmetros de qualidade mais relevantes na diferenciação dos agrupamentos formados (ANOVA fator único);
- 5) construção do diagrama de Piper para as 111 amostras, para avaliar a composição e distribuição de íons;

6) elaboração de mapas temáticos usando-se o utilitário ArcView, com a distribuição dos agrupamentos sobre o mapa geológico da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, utilizando-se códigos de símbolos e de cores, para evidenciar a distribuição dos poços com águas de diferentes qualidades nas quatro formações geológicas;

7) cálculo da RAS (Razão da Adsorção de Sódio) usando-se os resultados de sódio, cálcio e magnésio e, junto com os valores de condutividade elétrica, foram usados para aplicar a classificação de Riverside (USSL), para avaliar os riscos de salinidade e de sodicidade;

8) análises bacteriológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) de amostras de água de 20 poços, coletadas em três campanhas, executadas em épocas de estiagens e de chuvas;

9) análise comparativa dos resultados bacteriológicos e físicos e químicos com os valores máximos permissíveis (VMP) da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde para qualidade da água de consumo humano e com os descritos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, que classifica as águas do território nacional segundo seus usos.

2.3 - Interpretação dos Resultados e Elaboração de Mapas Temáticos.

Análise geral da qualidade e distribuição espacial da água subterrânea de 111 poços da Bacia Sedimentar de Rio do Peixe.

Os resultados da análise de estatística básica da qualidade da água do conjunto de 111 amostras coletadas em períodos secos e chuvosos (6 campanhas) são apresentados na Tabela 1. Os parâmetros que apresentaram maior desvio padrão foram condutividade elétrica (CE), sódio (N^+), cloreto (Cl^-), sólidos dissolvidos totais (SDT), bicarbonato, alcalinidade de bicarbonato, alcalinidade total, dureza, cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}) e sulfato. Esses parâmetros foram os que discriminaram grupos de poços de qualidade diferentes.

Os resultados mostram águas de pH entre levemente básico e extremamente básico (pH 9,12), mediamente duras e duras, bicarbonatadas e ricas em sódio, de condutividade elétrica entre média e alta. As formas de nitrogênio (amônia, nitrito e nitrato) acusaram concentrações baixas (sem diferenças estatísticas significativas $\alpha = 0,05$) e não foram limitantes para consumo humano exceto em um poço com teor elevado de amônia livre que supera o padrão de potabilidade (Portaria 518/2004-MS) e que representa risco à saúde. Também apenas uma amostra teve concentração elevada de nitrato, próxima ao valor limite para consumo humano ($<10\text{mg/L}$). Em várias amostras houve altos valores de ferro, ultrapassando o padrão de aceitação, de 0,3 mg/l, segundo a mesma portaria em vigência

O diagrama de Piper, apresentado a seguir na Figura 8 mostra a distribuição dos íons predominantes no total dos poços, distribuídos nas quatro formações geológicas. Este diagrama é usado para classificar e comparar distintos grupos qualidade de águas em relação aos íons predominantes.

A Figura 8 apresenta a distribuição espacial por formação geológica, da composição iônica predominante nas águas dos poços amostrados, representando em cores diferentes cada uma das quatro formações da bacia.

Tabela 1 - Estatística básica dos dados de qualidade física e química de amostras de água de 111 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe – PB, coletadas no período de agosto 2005 a fevereiro 2007.

Parâmetros físicos e químicos	Desvio				
	Média	Mediana	padrão	Mínimo	Máximo
pH	8,40	8,41	0,36	7,50	9,12
CE (µS/cm)	964,34	840,00	527,94	156,19	3072,00
Ca ⁺⁺ (mg/L)	29,88	24,00	27,45	3,50	196,40
Mg ⁺⁺ (mg/L)	17,36	12,72	16,12	1,44	115,98
Na ⁺ (mg/L)	188,27	156,40	139,37	29,44	782,69
K ⁺ (mg/L)	3,70	2,34	3,00	0,78	13,65
Cloreto (mg/L)	128,74	77,99	151,56	14,01	978,42
Sulfato (mg/L)	52,55	35,52	58,51	1,44	308,64
Bicarbonato (mgCaCO ₃ /L)	296,24	281,21	121,44	54,90	857,36
Carbonato (mgCaCO ₃ /L)	39,30	36,00	22,66	0,00	142,20
Ferro (mg/L)	0,34	0,23	0,34	0,07	2,14
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,24	1,80	2,10	0,70	18,70
Alcalin. Carbonato (mgCaCO ₃ /L)	67,10	59,00	46,50	0,00	377,50
Alcalin. Bicarbonato (mgCaCO ₃ /L)	250,06	232,60	99,40	63,50	702,75
Alcalin. Total (mgCaCO ₃ /L)	319,03	310,00	131,60	83,50	1007,00
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	146,87	118,75	124,72	15,62	785,00
Sólidos Dissolv. Totais (mg/L)	623,20	537,00	345,56	133,00	2118,00
Amônia (mg/L)	0,52	0,44	0,68	0,06	6,87
Nitritos (mg/L)	0,04	0,02	0,11	0,00	1,06
Nitratos (mg/L)	0,49	0,14	1,08	0,00	9,04

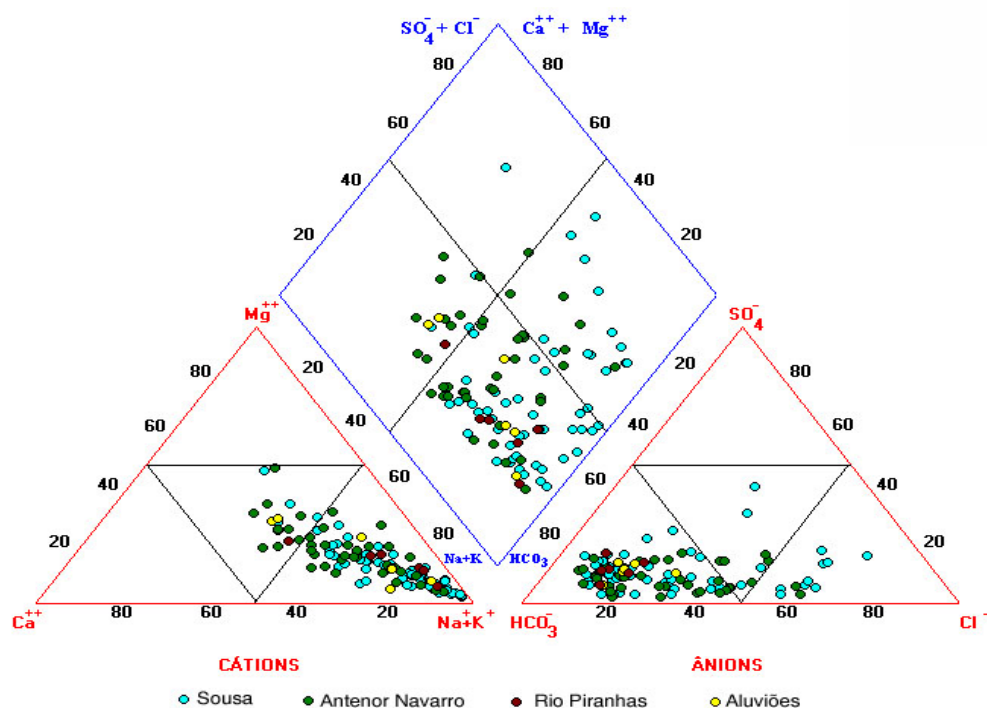
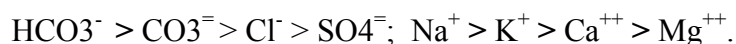


Figura 8 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas das quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar de Rio do Peixe- PB.

Observa-se que estas águas são, em sua grande maioria, Bicarbonatadas (85,6%), Sódicas (94,6%) e Bicarbonatadas Sódicas (81,1%), não havendo grande distinção dessas características por formação geológica. Poucos poços apresentaram águas com teores significativos de magnésio e também poucas amostras tiveram altos teores de sulfatos. As primeiras se concentraram na sub-bacia de Brejo das Freiras e as segundas, no norte da formação Sousa.

Portanto, a composição iônica global das águas subterrâneas estudadas pode ser assim resumida:



A seguir foi feita a análise de agrupamento (SPSS 14.0) que objetivou identificar as amostras de água de qualidade semelhante e analisar uma possível relação entre essa qualidade e a formação geológica na qual o poço está localizado. Para essa análise foram utilizados os valores da mediana para as seis campanhas de monitoramento para todos os parâmetros de qualidade (20 parâmetros - Tabela 1). Como resultado obteve-se um dendrograma, com 14 agrupamentos.

O critério aplicado para a escolha dos agrupamentos foi baseado no menor grau de liberdade que apresentasse consistência no resultado. Assim, houve 14 diferentes grupos de poços com qualidade semelhante. Tais grupos foram: G1 com 31 poços, representando 27,93% do total dos poços amostrado, G2 com 45 poços - 40,54%, G3 com 12 poços - 10,81%, G4 com 10 poços - 9,0%, G5 com 3 poços - 2,7% e G6 com 2 poços - 1,8%. Os outros oito grupos ficaram com apenas um poço cada um. Os percentuais apresentados evidenciam que os maiores grupos foram G1, G2, G3 e G4, que somam 88,28% dos poços amostrados, e, por tanto, esses conjuntos de poços representam as diferentes qualidades de água subterrânea predominantes na bacia sob estudo.

A análise ANOVA-GT2 fator único segundo Hochberg's, de comparação múltipla das médias, foi aplicada para saber se havia diferenças significativas entre os atributos de qualidade dos poços agrupados em cada conjunto, considerando o valor do F crítico, para o nível de significância de 0,05. Os resultados da ANOVA são apresentados no [Anexo 3](#) e a representação GT2 é mostrada a seguir. A representação GT2 permite visualizar mais facilmente as amplitudes das variações. Foram considerados, para construção desses gráficos, aqueles parâmetros que, por ANOVA, foram discriminatórios dos agrupamentos de qualidade das águas dos poços amostrados. Estes foram nove parâmetros: pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonato, e se caracterizaram, na sua maioria, por apresentar valores crescentes entre os grupos, desde G1 até G6. Os restantes parâmetros não foram discriminatórios de um grupo específico de qualidade.

As restrições de uso das águas dos 6 principais agrupamentos foram aumentando desde G1 até G6:

. G1 apresentou as águas de melhor qualidade (menor pH, menor concentração iônica) e sem restrições de uso para consumo humano em relação à caracterização física e química e de nenhuma a média restrição para irrigação.

. G5 reúne os poços com águas de maior pH, elevados valores de sódio e as mais alcalinas, ricas em bicarbonatos e carbonatos.

. G6 ficou claramente diferenciado pelas maiores concentrações de 6 dos 9 parâmetros mais importantes estudados, com destaque para CE, SDT, cloretos, sódio, cálcio e os maiores valores de sulfato, magnésio e dureza. Portanto, são águas com as maiores restrições de uso.

As concentrações dos parâmetros amônia, nitrato e oxigênio consumido não foram característicos de nenhum grupo e de nenhuma formação aquífera (exceto potássio em alguns poços de Antenor Navarro). Pelo contrário, esse comportamento indica que esses parâmetros contribuem com a heterogênea distribuição da qualidade da água subterrânea nas diferentes formações aquíferas.

Na maioria dos agrupamentos de qualidade, exceto G5 e G6, alcalinidade de bicarbonato e dureza não foram diferenciais, isto é, se mantiveram, na maioria dos poços em faixas de concentrações aproximadas, evidenciando a distribuição aleatória da qualidade dessas águas. Como foi mostrado no diagrama de Piper, as águas desta bacia sedimentar se caracterizam por ser alcalinas, bicarbonatadas e sódicas.

Essas características qualitativas das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe podem estar associadas ao ambiente de sedimentação que sofreu variação espacial e temporal, em função da movimentação tectônica da bacia, desde a sua origem. Estes ambientes eram, ora aluviais, ora lacustres, ora lagunais, estes devido às penetrações episódicas das águas marinhas, através das falhas que ligavam a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe com a Bacia do Rio Apodi ao Norte (Lima Filho, 1991).

Os resultados da análise de agrupamento foram plotados sobre o mapa geológico da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, utilizando-se códigos de símbolos e de cores para indicar os grupos de qualidade e as formações geológicas (Figuras 10 e 11). Neste mapa, evidencia-se que as amostras de água dos diferentes agrupamentos correspondem a poços distribuídos em toda a bacia, sem uma clara identificação entre grupo de qualidade e formação geológica. Em linhas gerais, a análise geral das 111 amostras mostra que:

1) As águas subterrâneas desta bacia são alcalinas, bicarbonatadas e ricas em sódio, mediantemente duras e duras.

2) Diferenciam-se na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe 14 grupos de qualidade de água subterrânea, sendo seis desses grupos os mais representativos da qualidade predominante.

3) Esses seis grupos qualitativos se caracterizaram pelas limitações ou restrições crescentes de uso de G1 a G6, pelo aumento das concentrações da maioria dos parâmetros, destacando-se íons, com aumentos significativos de CE, SDT, sódio, dureza e sulfato. Estes parâmetros foram os principais componentes da qualidade da água que diferenciaram os seis principais agrupamentos.

4) A maioria dos seis principais grupos de qualidade d'água dos poços se distribuem nas quatro formações geológicas da bacia.

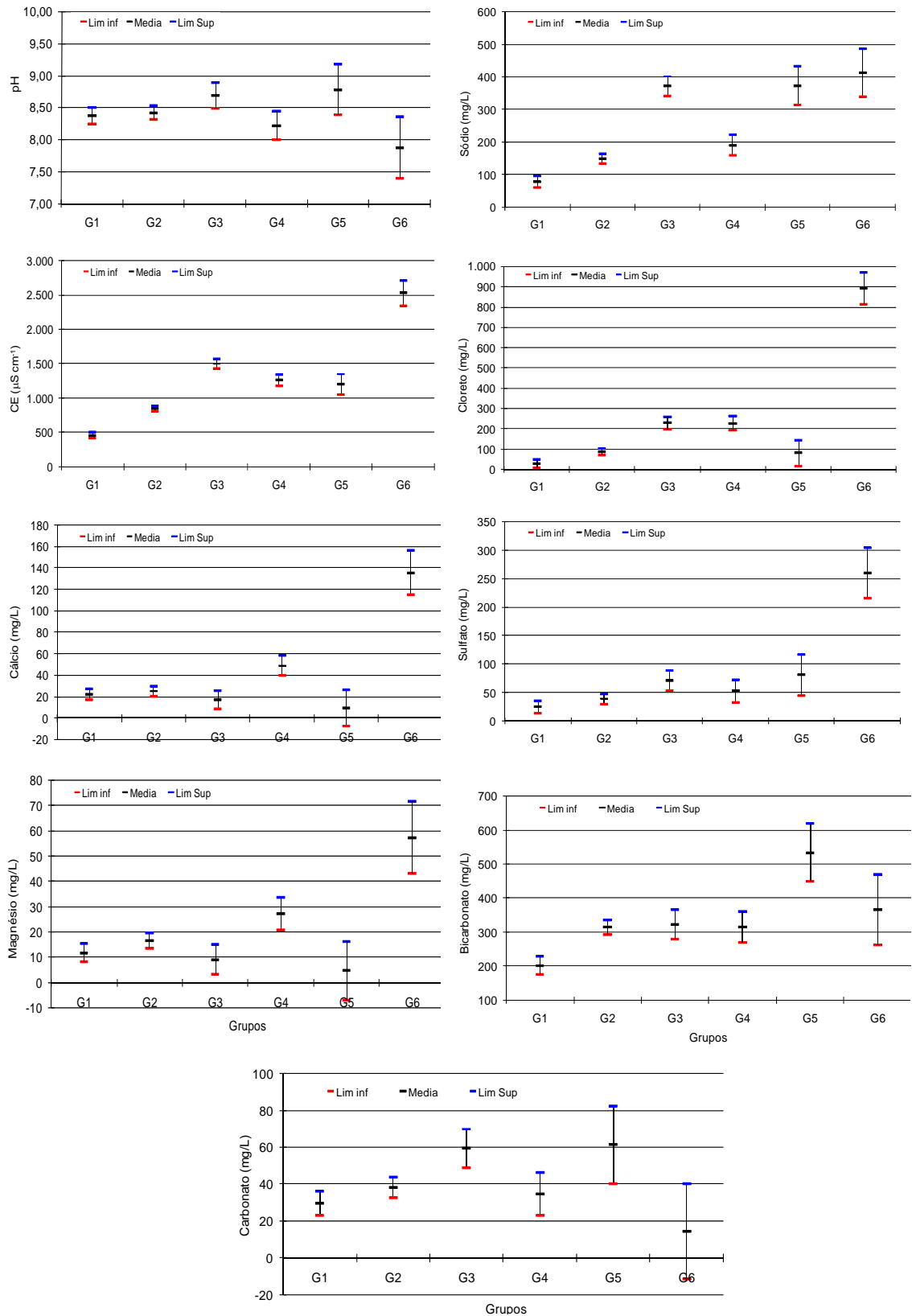


Figura 9 - Gráficos GT2 (fator único) para os 6 maiores agrupamentos da qualidade da água de 111 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas entre agosto 2005 e fevereiro 2007.

5) G1 se diferenciou dos grupos restantes pelas menores concentrações de todos os parâmetros, portanto, podem se considerar que são as águas de melhor qualidade dentre as 111 amostras de água analisadas. Este conjunto de amostras foi predominante na formação Antenor Navarro, distribuído principalmente na sub-bacia de Brejo das Freiras.

6) G2 se diferenciou do grupo anterior, pela salinidade mais elevada e principalmente pela alta alcalinidade de bicarbonato. A distribuição espacial deste grupo foi predominante na formação Sousa nas sub-bacias de Brejo das Freiras e de Sousa

7) G3 teve distribuição espacial predominante na formação Sousa

8) G4 apresentou salinidade mais elevada que os outros e os parâmetros CE, sódio e bicarbonatos foram os diferenciais deste agrupamento. Embora houve predominância de poços com esta qualidade na formação Sousa, sub-bacia de Sousa, houve também algumas amostras distribuídas na formação Antenor Navarro da sub-bacia de Brejo das Freiras.

9) G5 teve distribuição espacial predominante na formação Sousa

10) G6 agrupou as amostras de pior qualidade em relação a CE, SDT, sódio, dureza e principalmente sulfato. Este agrupamento se concentrou na formação de Sousa e sub-bacia de Souza

A Tabela 2 mostra a frequência de ocorrência desses grupos nas diferentes formações geológicas, verifica-se que os grupos G1 e G4 ocorrem predominantemente na formação Antenor Navarro, enquanto os grupos G2, G3, G4, G5 e os grupos individuais de amostras predominam sobre a formação Sousa, entretanto, isso não implica ausência nas demais formações, identificando a heterogeneidade qualitativa na bacia estudada.

Tabela 2 - Ocorrência dos diversos grupos por formação geológica e sua predominância

Grupo de qualidade (Nº de amostras)	Número de amostras				Frequência de ocorrência (%)				Predominância
	Formações				Formações				
	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	
G1 (31)	16	11	3	1	14,4	9,9	2,7	0,9	Antenor Navarro
G2 (45)	14	26	2	3	12,6	23,4	1,8	2,7	Sousa
G3 (12)	1	11	0	0	0,9	9,9	0,0	0,0	Sousa
G4 (10)	7	3	0	0	6,3	2,7	0,0	0,0	Antenor Navarro
G5 (3)	0	3	0	0	0,0	2,7	0,0	0,0	Sousa
G6 (2)	0	2	0	0	0,0	1,8	0,0	0,0	Sousa
G _{sozinho} (8)	2	5	1	0	1,8	4,5	0,9	0,0	Sousa

O agrupamento G6, com dois poços, que se distribuem próximo da região norte da sub-bacia de Sousa, formando parte de uma zona bem definida de águas de extrema salinidade e que envolve os poços tubulares, vizinhos do campo petrolífero (distante aproximadamente 3 km).

Entretanto, vários desses poços não formaram parte do agrupamento G6, por terem salinidade ainda mais elevadas, assim como concentrações de sulfatos mais altas.

Um outro poço tubular localizado próximo no aquífero Sousa, apresenta também alta concentração de sulfato. Portanto, essa composição salina e iônica está influenciada pela presença de petróleo na área.

Uma inquietude válida em relação à qualidade dessas águas subterrâneas é a possível presença de metais pesados e de derivados de petróleo nas águas dessa região, que poderiam ter contaminado o aquífero. Também, pode-se esperar que com a exploração do petróleo, a qualidade tenda a piorar, na medida em que a exploração de poços pode interceptar reservas de petróleo, principalmente se o aquífero for confinado, onde o raio de influência do poço d'água pode atingir alguns quilômetros.

Os riscos de salinização e de sodicidade foram estudados para as 111 amostras. Para isso, a distribuição das águas segundo sua qualidade para irrigação avaliando-se o perigo de sódio e de salinização dos solos foi feita usando-se a classificação de Riverside, USSL. Previamente calcularam-se a RAS - Riscos de Sódio, usando-se os dados das concentrações de sódio, cálcio e magnésio dessas amostras, coletadas entre agosto de 2005 até fevereiro 2007, com auxílio do Software Qualigraf (FUNCEME, 2007).

Na Figura 12 se apresenta o diagrama de Riverside-USLL e a distribuição, nesse diagrama, dos poços amostrados, em função do Risco de Sódio (RAS) versus a condutividade elétrica, fornecendo o risco de salinidade dos solos quando irrigados com águas com diferentes valores desses parâmetros.

A maioria das águas subterrâneas da bacia sedimentar sob estudo segundo sua qualidade para irrigação apresentou risco de salinidade dos solos entre médio e alto e risco de sódio entre baixo e médio, predominando as classificações C₃-S₁ até C₃-S₄. Amostras de água com riscos de sódio forte e muito forte e riscos de salinidade entre alto e muito alto (C₄-S₁ até C₄-S₄) foram relativamente escassas, cerca de 18%, e deles, 13,5% de poços estão localizados na formação Sousa. As classes C₁-S₁ (baixo risco de sódio e de salinidade) se concentraram na formação Antenor Navarro (apenas três poços) e as classes C₂-S₁ e C₂-S₂ (baixo risco de sódio e médio de salinidade) foram observadas nas águas dos poços dos aluviões, de Antenor Navarro e algumas na formação Sousa.

A Tabela 3 mostra a frequência de ocorrência nas diferentes formações geológicas das classes de água segundo Riverside (USLL), as águas mais apropriadas para a irrigação ocorrem em algumas zonas, com maior predominância sobre a formação Antenor Navarro aflorante na sub-bacia de Brejo das Freiras, porém, também há ocorrências nas demais formações, a exemplo da classe C₂-S₁ com 16 ocorrências na formação Antenor Navarro, 12 na Sousa, 2 no Rio Piranhas e 3 no aluvião. Águas com forte risco de salinidade e sodicidade (C₃-S₄) também ocorrem na formação Antenor Navarro, onde das 14 amostras pertencentes a essa classe, 12 ocorreram nesta.

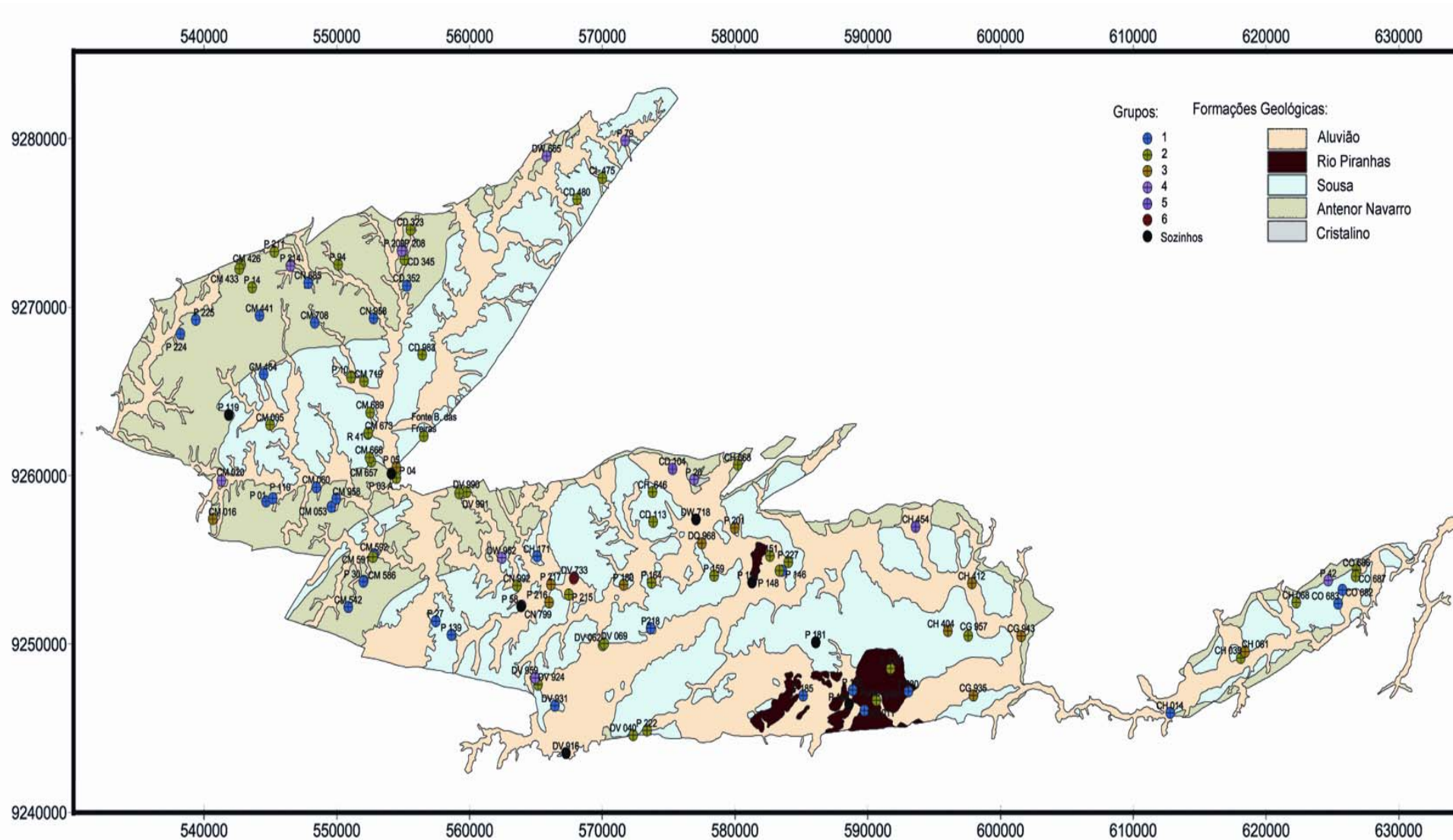


Figura 10 - Distribuição dos agrupamentos dos poços segundo a qualidade de suas águas (111 amostras), na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe – PB, no período de agosto 2005 a fevereiro de 2007.

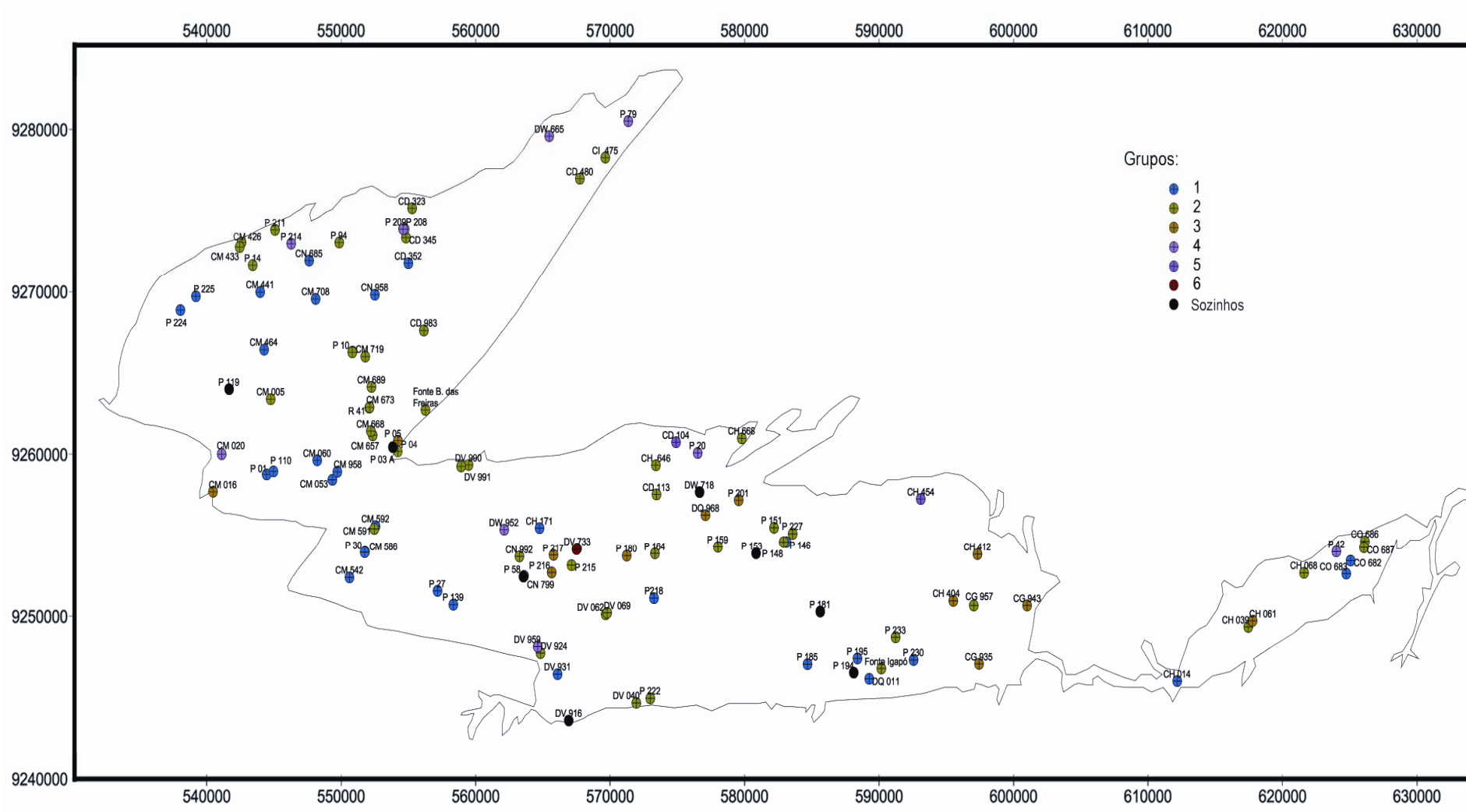


Figura 11 - Distribuição dos agrupamentos dos poços segundo a qualidade de suas águas (111 amostras), na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe – PB, no período de agosto 2005 a fevereiro de 2007.

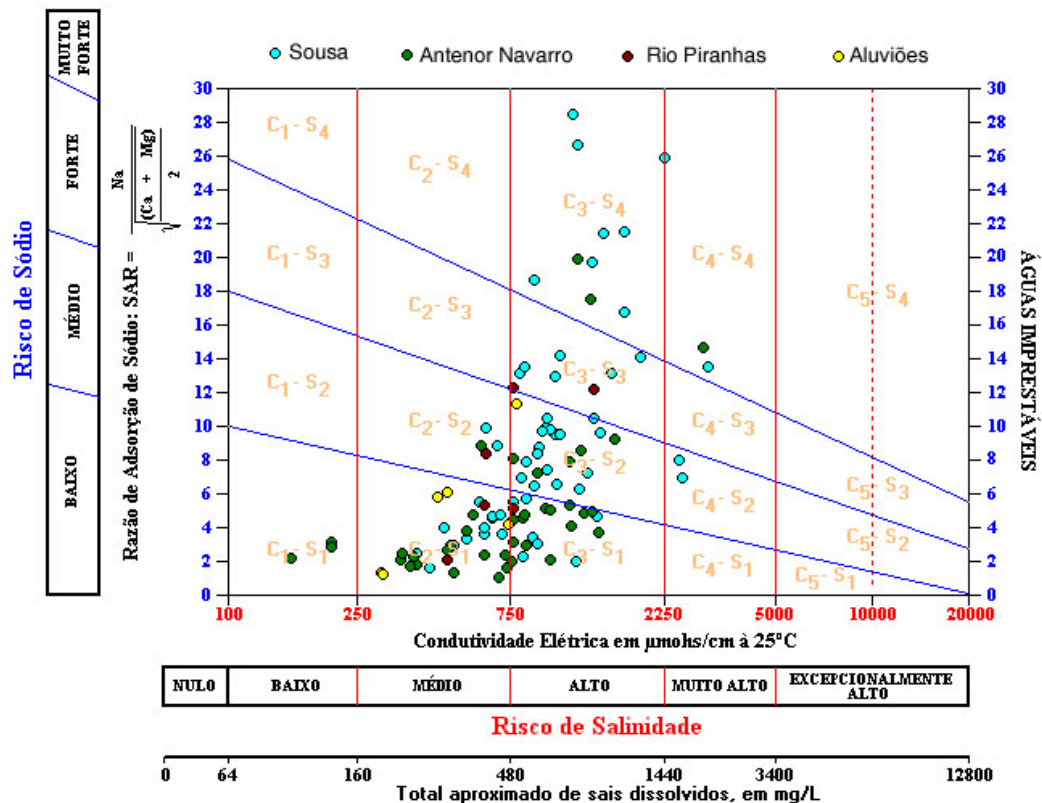


Figura 12 - Distribuição dos 111 poços amostrados no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas, se usadas para irrigação.

Tabela 3 - Ocorrência dos diversos grupos por formação geológica e sua predominância

Classes de qualidade (Nº de amostras)	Número de amostras				Frequência de ocorrência (%)				Predominância
	Formações				Formações				
	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	
C ₁ -S ₁ (3)	3	0	0	0	2,7	0,0	0,0	0,0	Antenor Navarro
C ₂ -S ₁ (33)	16	12	2	3	14,4	10,8	1,8	2,7	Antenor Navarro
C ₂ -S ₂ (4)	1	2	1	0	0,9	1,8	0,9	0,0	Sousa
C ₃ -S ₁ (22)	13	8	1	0	11,7	7,2	0,9	0,0	Antenor Navarro
C ₃ -S ₂ (22)	5	16	0	1	4,5	14,4	0,0	0,9	Sousa
C ₃ -S ₃ (9)	0	5	2	2	0,0	4,5	1,8	1,8	Sousa
C ₃ -S ₄ (14)	12	2	0	0	10,8	1,8	0,0	0,0	Antenor Navarro
C ₄ -S ₂ (2)	0	2	0	0	0,0	1,8	0,0	0,0	Sousa
C ₄ -S ₄ (2)	1	1	0	0	0,9	0,9	0,0	0,0	Antenor Navarro/Sousa

Os resultados obtidos mostram menores riscos de sódio e maiores de salinização, o qual está de acordo com a literatura especializada (Molle e Cadier, 1992), que cita, para o nordeste, em relação ao uso das águas subterrâneas e superficiais na irrigação, menor perigo de sodificação dos solos do que riscos de salinização.

As classes mais frequentes, C₃-S₁ e C₃-S₂, com alto perigo de salinização do solo, porém com baixo e médio risco de sódio, se distribuíram em toda a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, embora com valores menores de salinidade nos poços localizados nas bordas da sub-bacia de Brejo das Freiras, onde a formação aquífera Antenor Navarro ocorre em superfície, em particular, nas proximidades de Uiraúna e de Triunfo. Pode-se explicar essa distribuição da qualidade da água à luz do escoamento das águas subterrâneas nesta sub-bacia que se faz das zonas de recargas desse aquífero, com as partículas de sais migrando para a zona saturada do solo e daí para os exutórios da bacia.

Os resultados obtidos coincidem com os de Albuquerque (1986) e com os de Lima *et al.* (2004), que citam que, embora a classe C₃-S₁ se distribua na maior parte da bacia, é em torno dessas duas cidades que ocorrem águas C₃-S₂, de alta salinidade e mediamente sódicas. Outras áreas de concentração das variedades C₃-S₁ e C₃-S₂ se observam nas proximidades da cidade de Santa Helena e do Açude Pilões, havendo nesta última, um poço de qualidade C₃-S₃ (altos riscos de sódio e de salinidade). Este açude está localizado no contato entre a formação Sousa e o Cristalino e nas suas proximidades os poços devem captar o aquífero Sousa. Entre os agrupamentos citados ao redor das três cidades e do açude, se observam poços dispersos com qualidade C₁-S₁ e C₂-S₁.

A Figura 13 apresenta a distribuição da qualidade das águas para irrigação no mapa da bacia sob estudo, onde também foram sinalizadas algumas das ações antropogênicas que poderiam impactar os mananciais.

Nas Figuras 14 e 15 tem-se a regionalização espacial das concentrações de parâmetros selecionados de qualidade na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe que confirma o observado nas análises anteriores.

O pH foi básico na maior parte da bacia, com valores levemente básicos sobre a formação Antenor Navarro.

A condutividade elétrica se manteve elevada e crescente em direção à parte norte da sub-bacia de Sousa, onde se concentra a zona petrolífera. Os SDT seguem a mesma tendência, assim como os teores de sulfato.

Seguindo a mesma distribuição espacial da condutividade elétrica e do SDT, o sódio e o cloreto são mais elevados na sub-bacia de Sousa e menores na sub-bacia Triunfo-Brejo das Freiras, exceto em duas áreas localizadas próximo das falhas de cisalhamento que limitam esta sub-bacia, sobre o Alto de Santa Helena. Essa distribuição iônica não se coaduna com as características de salinidade das águas subterrâneas contidas na formação Antenor Navarro, e sim com aquelas da formação Sousa, corroborando alterações na geologia da bacia, propostas por Albuquerque neste mesmo relatório.

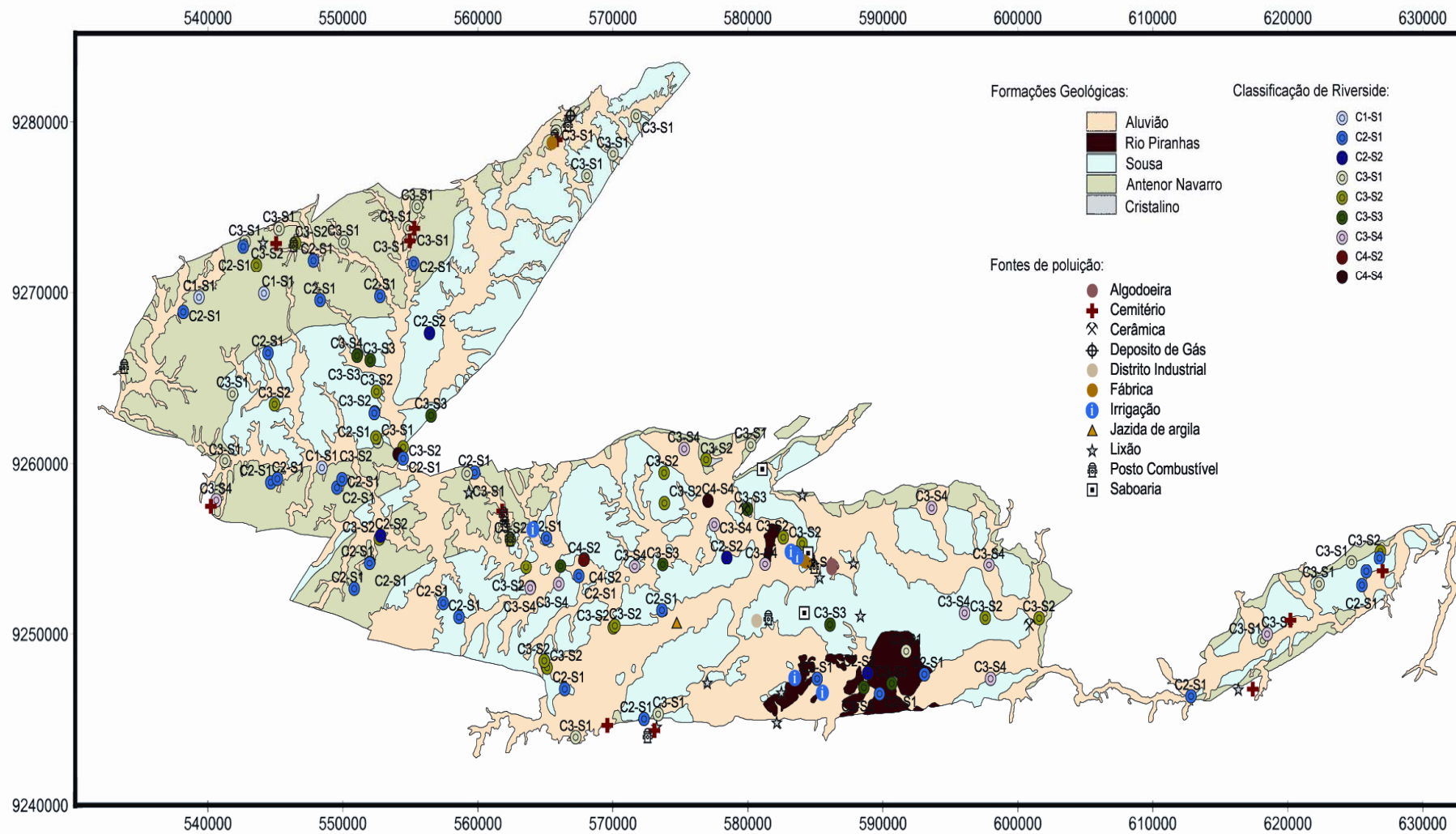


Figura 13 - Mapa com a distribuição das classes d'água para irrigação segundo Riverside (USLL) e das atividades antropogênicas sobre a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

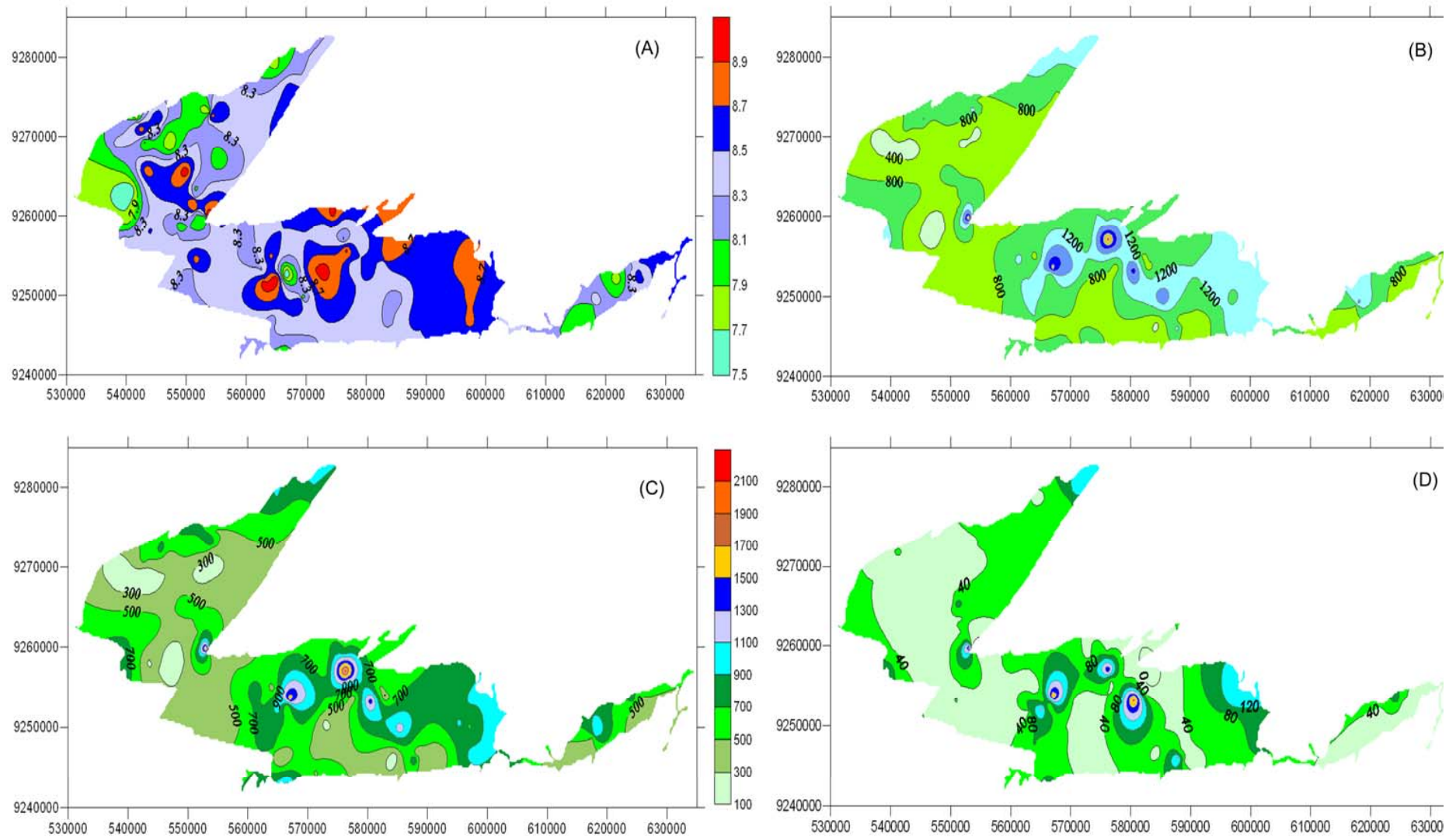


Figura 14 - Mapas da distribuição espacial na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe dos parâmetros: (A) pH; (B) Condutividade Elétrica (S/cm); (C) SDT (mg/L) e (D) Sulfato (mg/L).

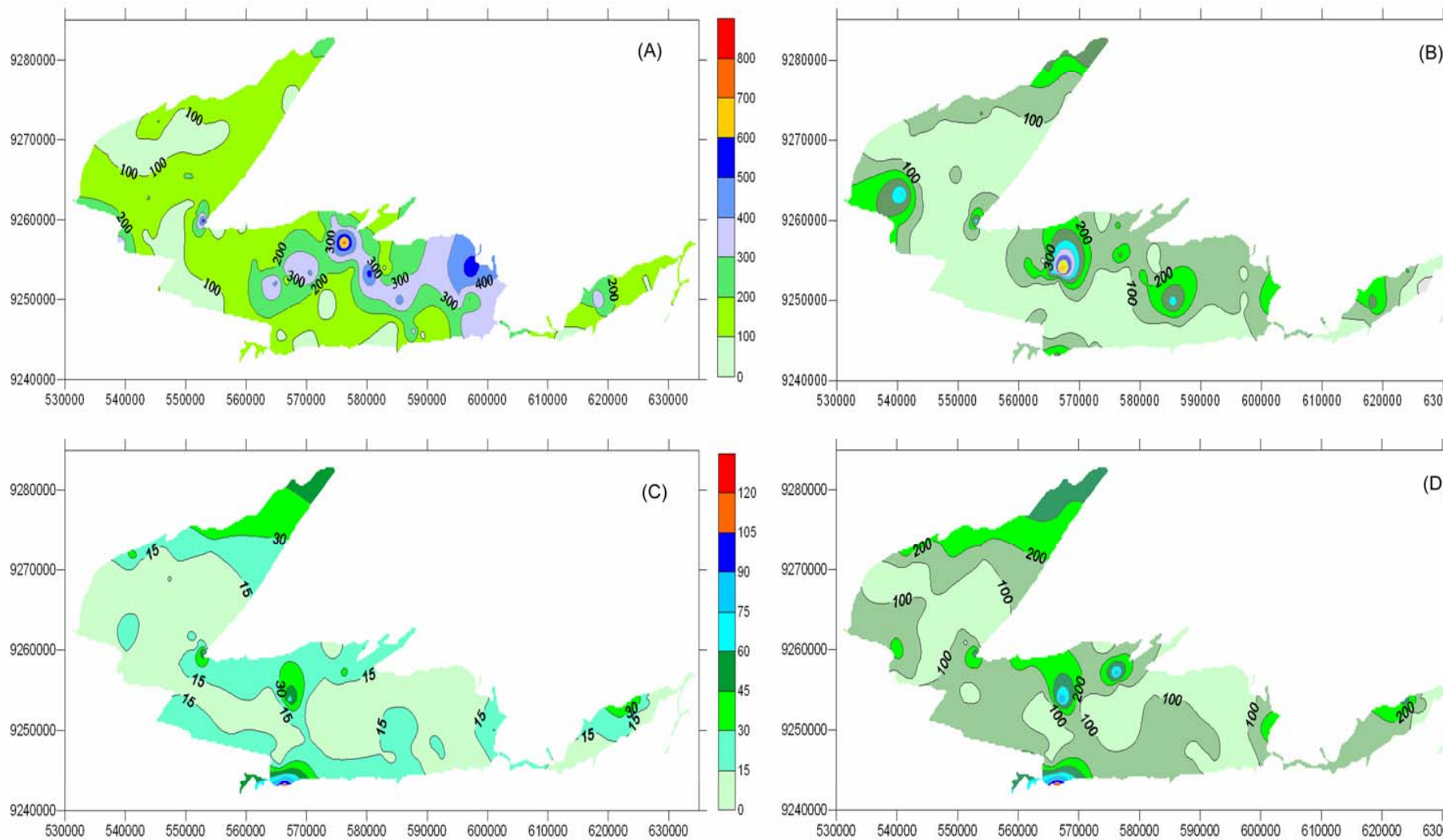


Figura 15 - Mapas da distribuição espacial na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe dos parâmetros: (A) Sódio (mg/L); (B) Cloreto (mg/L); (C) Magnésio (mg/L) e (D) Dureza (mg/L).

A distribuição espacial da dureza parece estar associada à do íon magnésio, principalmente os núcleos, onde os valores mais altos são os mesmos e estão situados na sub-bacia de Sousa. Porém, esta distribuição na sub-bacia de Triunfo-Brejo das Freiras parece não guardar as suas relações com as litologias das formações Sousa e Antenor Navarro, distribuindo-se, ao menos angularmente, aos contatos entre estas formações.

A qualidade sanitária das águas sob estudo foi avaliada num total de 95 amostras, pertencentes a 37 poços, e coletadas em três campanhas realizadas em agosto e novembro de 2006 (período seco) e em fevereiro de 2007 (período chuvoso) . Foram quantificados coliformes totais e *E.coli*. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos.

Tabela 4 - Estatística básica das concentrações de *E.coli*/100mL em 95 amostras de água de poços

Media	Mediana	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
503	61	807	<1	> 2.500

Verifica-se que houve contaminação com material fecal, evidenciada pela presença de *E.coli* nessas águas. Os parâmetros de tendência central, média e mediana, indicaram alta variabilidade dos resultados individuais. De fato, o valor médio foi elevado e bem distante da mediana, e o desvio padrão foi superior à média. Os valores mínimos foram inferiores a 1 *E.coli*/100mL em algumas amostras e atingiram mais de 2.419 *E.coli*/100mL em outras. Esse valor de 2.419 *E.coli*/100mL é o limite que pode ser detectado com o método usado, e na amostra sem diluição.

Os resultados de todas as amostras foram organizados em ordem crescente de contaminação e agrupados por faixa de concentração de coliformes (Tabela 5).

Apenas 17 amostras reuniram condições sanitárias de potabilidade. Predominam concentrações de *E.coli* na faixa $1 < 100$ UFC/100 ml, seguidos da faixa $200 < 1.000$ e >2.500 UFC/100 ml. Um total de 43 amostras apresentou mais de 100 coliformes fecais e 16 mais de 1.000 *E.coli*/100mL.

Tabela 5 - Número e porcentagem de amostras por faixa de concentração de

Faixa de variação (<i>E.coli</i> /100mL)	Numero de Amostras	Frequência (%)
<1	17	17,9
1 < 100	35	36,8
100 < 200	4	4,2
200 < 1000	23	24,2
1.000 < 2.419	5	5,3
> 2.419	11	11,6
Total	95	100%

A seguir, se apresenta o mapa da Figura 16 com a distribuição espacial da qualidade sanitária dos 37 poços amostrados, considerando as faixas de concentração de *E.coli*, acima consideradas. Os dados utilizados correspondem aos valores medianos das concentrações de *E.coli* das três campanhas.

Considerando que a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece ausência de *E.coli* nas águas de consumo humano, assim, como pode ser visto na Figura 16, a maioria dessas águas é inadequada para essa finalidade. Dessa forma, embora a caracterização física e química das águas subterrâneas estudadas não apresentou limitações para consumo humano na maioria dos poços, a contaminação fecal limita de forma extrema sua utilização para beber, sendo necessária à desinfecção prévia ao consumo. De forma semelhante, a ausência de contaminação é condição básica para as águas destinadas à higiene pessoal (“usos mais exigentes”, na citada legislação). Entretanto, considerando a realidade do abastecimento de água das populações do semi-árido nordestino, que usam para beber e gasto em higiene familiar águas sem tratamento (seja de poços, de açudes ou de carro-pipa), é praticamente impossível evitar o contato humano com águas contaminadas.

Apenas 17 amostras reuniram condições sanitárias de portabilidade. Predominaram

Como exercício na busca de uma referência “aceitável” para uso em higiene pessoal nas condições supracitadas, pode-se considerar como exemplo a legislação brasileira referente a balneabilidade (Resolução CONAMA 257/2000) e usar as concentrações limites de bactérias para esta categoria. Essa resolução estabelece a faixa entre 250 a 1.000 *E.coli* (ou coliformes termotolerantes)/100 ml como águas próprias para uso em recreação de contato primário (natação) e como impróprias acima desse valor máximo. Ainda, águas com 250 *E.coli* /100 ml são consideradas de qualidade excelente para balneabilidade, sendo muito boas as que contêm 500 *E.coli* /100mL e apenas satisfatórias as que contêm valores próximos de 1.000NMP/100ml.

Águas com *E.coli* ou de coliformes termotolerantes em concentrações superiores a 1.000 NMP/100ml não podem ser usadas para irrigação irrestrita (Resolução CONAMA 357/2005), ou seja, de verduras e frutas que serão consumidas cruas, sem retirada da casca ou película que as recobre. Portanto, numerosos poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe não podem ser usados para este tipo de irrigação e sim para árvores frutíferos com frutos altos sem contato com o solo, para cultivos de cerealíferas e de forrageiras, para cultivos diversos destinados à produção industrial e com uso mecanizado de semeadura e de coleta.

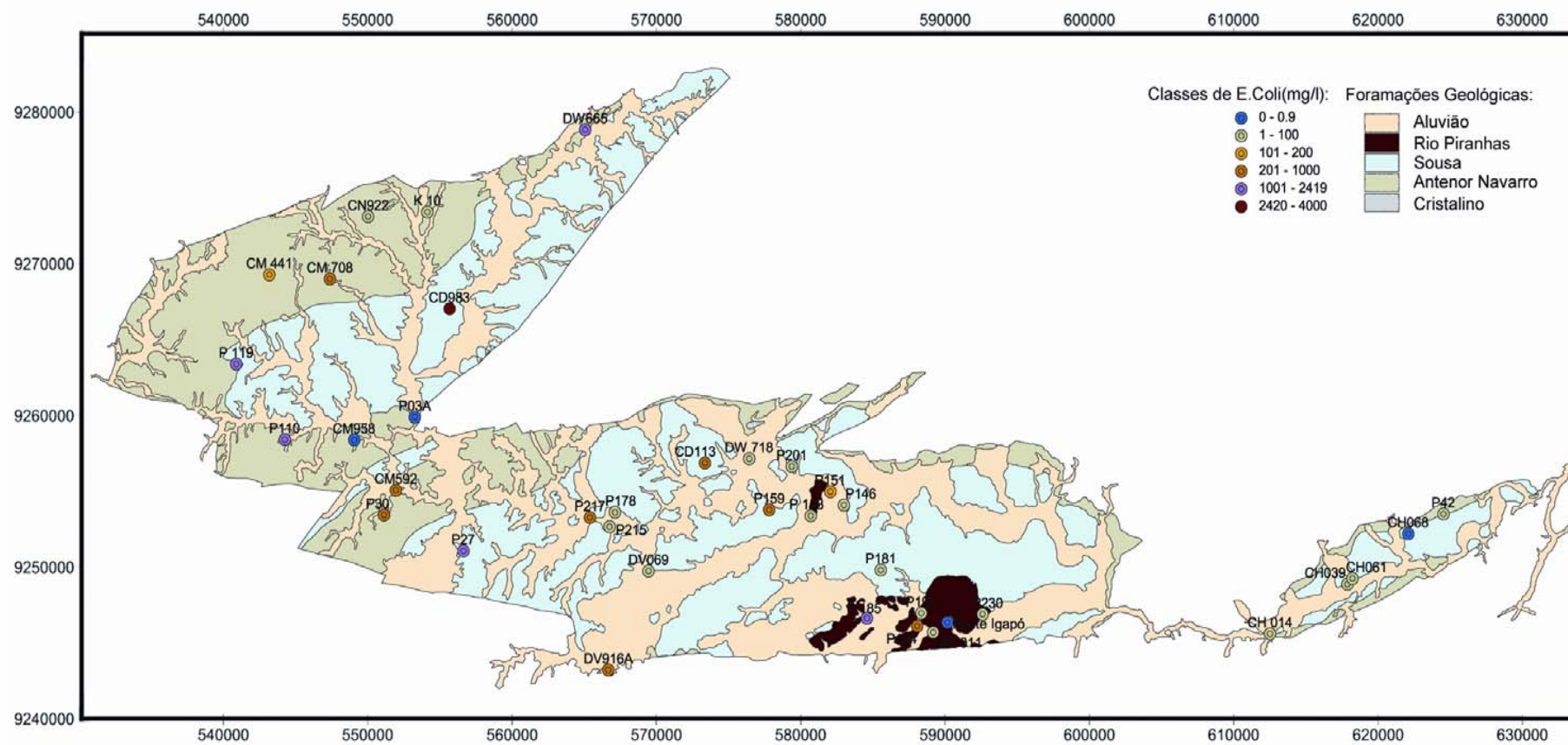


Figura 16 - Mapa da distribuição espacial da qualidade sanitária de 37 poços amostrados em três campanhas (agosto e novembro de 2006 e fevereiro 2007) na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

Outra indicação importante da Resolução 357/2005 refere-se ao valor limitante de *E.coli* ou de coliformes termotolerantes para dessedentação animal: acima de 4.000 NMP/100ml não são apropriadas para essa finalidade, sob riscos de serem águas contaminadas com altos teores de organismos patogênicos de veiculação hídrica.

Considerando as faixas de valores restritivos da concentração de *E.coli* (único indicador de contaminação fecal aceito internacionalmente) para diferentes atividades e usos, o conjunto de amostras agrupado acima foi organizado nas seguintes seis categorias:

< 1 *E.coli*/100ml de água: sem restrição de uso;

$1 \leq E.coli/100ml < 100$: não aceitável para beber, “aceitável para higiene pessoal”, excelente para balneabilidade, excelente para irrigação irrestrita;

$100 \leq E.coli/100ml < 200$: não aceitável para beber, “com restrições de aceitabilidade para higiene pessoal” e excelente para balneabilidade, excelente para irrigação irrestrita;

$200 \leq E.coli/100ml < 1.000$: não aceitável para beber, “não aceitável para higiene pessoal”, muito boa (até < 50 *E.coli*/100ml) e boa (> 500 e < 1.000 *E.coli*/100ml) para balneabilidade, adequada para irrigação irrestrita;

$1.000 \leq E.coli/100ml < 2.419/100ml$: não aceitável para beber, “não aceitável para higiene pessoal”, não satisfatória para balneabilidade, não aceitável para irrigação irrestrita;

> 2.419/100ml: perigo de alta contaminação com microrganismos patogênicos.
Valores $\geq 4.000 E.coli /100ml$: não aceitável para consumo animal.

Do total de 95 amostras analisadas para qualidade sanitária, 60 correspondem a 20 poços que foram amostrados repetidamente nas três campanhas (ou nas três épocas – duas de seca e uma de chuva).

A Tabela 6 apresenta os resultados medianos das três campanhas de monitoramento para os parâmetros de coliformes totais e *E.coli* nos 20 poços amostrados na bacia, frisando que poços importantes, como o da Fonte Igapó, principal distribuidora local de água comercializada para o consumo humano apresentou padrões aceitáveis para esse fim. Porém, poços como o DV916A que atende populações do meio rural apresentou concentrações de *E.coli* inaceitáveis para os diversos usos, desde beber, irrigação e outros.

Com esse universo amostral foi feito um estudo comparativo da distribuição das concentrações de *E.coli* e de coliformes totais entre as épocas de seca e de chuva. Este estudo é apresentado na segunda parte deste relatório.

Tabela 6 – Valores de coliformes totais (CT) e E.coli por 100ml de amostra

<i>Código do Poço</i>	CT	<i>E.Coli</i>
	<i>NMP/100ml</i>	<i>NMP/100ml</i>
DV069	686,7	1,0
P146	2500,0	1,0
P230	209,8	31,6
P42	2500,0	112,6
DV916A	2500,0	211,7
CH061	2500,0	307,6
P159	2500,0	313,0
CD983	488,4	325,5
P151	2500,0	325,5
CH039	43,5	381,1
P201	2500,0	387,3
CM592	2500,0	552,0
P178	1986,3	579,4
CD113	1046,2	920,8
CN992	>2500	>2500
DW665	>2500	>2500
P110	>2500	>2500
P27	>2500	>2500
Fonte Igapó	42,2	<1
P03A	<1	<1

.Variação temporal e espacial da qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar de Rio do Peixe (épocas de seca e de chuvas)

Época de seca: agosto-novembro de 2005

O estudo da variação temporal da qualidade das águas subterrâneas por época de seca e de chuva permitiu analisar as variações dos parâmetros qualitativos das águas subterrâneas sob diferentes condições ambientais. Do total de 111 poços, 45 foram amostrados e analisados para estudos da qualidade física e química da água nas duas épocas de seca (Tabela 7), - agosto-novembro de 2005 e agosto-novembro de 2006 e 21 nas duas épocas de chuvas (maio 2006, fevereiro de 2007).

Tabela 7 - Estatística Básica dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, para o período seco do ano de 2005 (agosto – novembro /05) para 45 amostras

Parâmetros	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<i>pH</i>	8,60	8,64	0,36	7,71	9,24
<i>CE (μS/cm)</i>	1126,23	930,00	653,67	43,50	2860,00
<i>Ca (mg/l)</i>	30,64	25,20	35,80	5,00	225,00
<i>Mg (mg/l)</i>	20,43	14,40	25,86	2,76	169,44
<i>Sódio (mg/l)</i>	232,98	181,47	190,66	29,44	1026,26
<i>Potássio(mg/l)</i>	4,46	3,51	3,26	0,19	13,65
<i>Cloreto (mg/l)</i>	165,29	115,21	150,14	13,12	604,42
<i>Sulfato (mg/l)</i>	96,04	36,96	227,77	1,92	1476,48
<i>Bicarbonato (mg/l)</i>	312,52	280,60	184,62	82,35	1116,30
<i>Carbonato (mg/l)</i>	38,82	36,00	28,81	0,00	145,80
<i>Ferro (mg/l)</i>	0,63	0,39	0,60	0,07	2,37
<i>Oxig. Cons. (mg/l)</i>	3,04	2,30	2,98	0,70	19,50
<i>AlCaCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	61,24	59,00	43,25	0,00	243,00
<i>AlHCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	256,61	230,00	152,72	67,50	915,00
<i>ALTtotal (mgCaCO₃/l)</i>	321,90	301,50	189,45	83,50	1065,00
<i>Dureza (mgCaCO₃/l)</i>	160,23	126,25	172,68	28,75	973,12
<i>SDT (mg/l)</i>	771,25	614,40	491,47	142,00	2784,00
<i>Amonia (mg/l)</i>	1,29	0,28	6,22	0,04	42,00
<i>Nitritos (mg/l)</i>	0,03	0,01	0,04	0,00	0,22
<i>Nitratos (mg/l)</i>	2,23	0,18	11,18	0,00	75,00

Os resultados dos valores médios das 45 amostras indicam, para a primeira estação seca, características qualitativas semelhantes para seis dos 20 parâmetros com aquelas observadas nas análises das 111 amostras de água da bacia para todo o período. Os parâmetros que menos variaram em relação aos valores médios e medianos dos 111 poços foram: pH, carbonatos, oxigênio consumido, alcalinidade de carbonatos, de bicarbonatos e total. Foram levemente superiores neste período seco, em relação à média e mediana de todo o período, CE, SDT, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁻, dureza, amônia, nitrito e nitrato. Por tanto, na seca de agosto – novembro de 2005 as águas foram de pior qualidade em relação aos valores médios e mediano observado na análise global, ao longo de todo o período de estudo (agosto 2005 a fevereiro 2007) nas águas dos poços desta bacia. A deterioração da qualidade se deve à concentração de íons ao longo da estiagem, pela diminuição do nível estático da água, o qual tornou as águas subterrâneas mais salinas e de maior CE e mais alcalinas e duras e, portanto, mais limitada para usos diversos, entre eles a irrigação.

O comportamento observado acima, de concentração das espécies química na época de estiagens, se repetiu na segunda época seca. Os diagramas de Piper, elaborados para cada uma das épocas de seca e de chuva, mostram a distribuição iônica sob as influências das variações climáticas, evidenciando as flutuações temporais da qualidade das águas dos poços. Destaca-se que essas variações qualitativas apresentaram maiores ou menores flutuações em cada uma das épocas climáticas estudadas ao longo do período de amostragem.

Esse diagrama, aplicado para a primeira época seca é apresentado na Figura 17, evidencia a composição iônica dos 45 poços amostrados no verão de 2005 e a distribuição dessa qualidade segundo as formações geológicas da bacia. A qualidade predominante foi de águas bicarbonatadas e sódicas, seguidas de algumas águas cloretadas sódicas e escassas sulfatadas, distribuídas nas quatro formações geológicas, com a maior diversidade na formação Sousa.

As formações Antenor Navarro e os aluviões tiveram as águas de melhores qualidades dentro desse grupo (águas menos sódicas, menos cloretadas e menos duras, entre outros atributos de qualidade e por tanto de menor CE) nesta época seca.

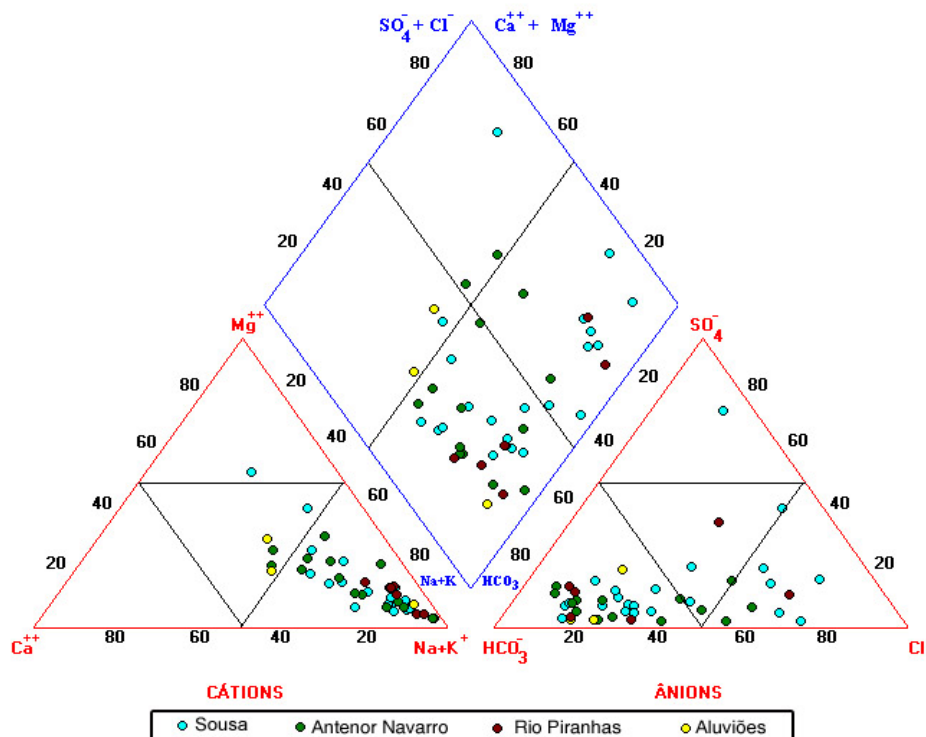


Figura 17 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas de 45 poços na primeira época de seca (agosto-novembro/2005), distribuídos nas quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe-PB.

A análise de agrupamento mostrou seis grupos de poços com águas de qualidades diferentes e que predominaram na bacia, de forma semelhante que aqueles observados na análises geral dos 111 poços.

Na Tabela 8 tem-se o número de poços em cada agrupamento, segundo características qualitativas semelhantes nesta época foram: 23 poços em G1; 5 em G2; 4 em G3; 2 em G4; 5 em G5; 2 em G6 e 4 formaram grupos individuais de amostra. A análise é análoga à anterior, com ocorrências do mesmo agrupamento nas diversas formações, com alguma predominância sobre as demais, exceto os G4 e G6, que ocorrem exclusivamente na formação Sousa, os demais abrangem praticamente toda a bacia.

Tabela 8 - Ocorrência dos diversos grupos na estação seca de 2005 por formação geológica e sua predominância

Grupo de qualidade (Nº de amostras)	Número de amostras				Frequência de ocorrência (%)				Predominância
	Formações				Formações				
	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	
G1 (23)	8	10	4	1	17,8	22,2	8,9	2,2	Sousa
G2 (5)	2	1	0	2	4,4	2,2	0,0	4,4	Antenor Navarro
G3 (4)	0	4	0	0	0,0	8,9	0,0	0,0	Sousa
G4 (2)	0	1	1	0	0,0	2,2	2,2	0,0	Antenor Navarro/Sousa
G5 (5)	2	2	0	1	4,4	4,4	0,0	2,2	Antenor Navarro/Sousa
G6 (2)	0	2	0	0	0,0	4,4	0,0	0,0	Sousa
G _{sozinho} (4)	1	2	0	1	2,2	4,4	0,0	2,2	Sousa

As diferenças qualitativas principais com a análises dos 111 poços residem nas concentrações mais altas dos íons principais, que caracterizam os 6 conjuntos de poços. As variáveis qualitativas que diferenciaram esses agrupamentos neste período seco foram as mesmas dos agrupamentos com todas as amostras: CE, Na⁺, Cl⁻, SO₄⁻, SDT. Não foram discriminantes carbonatos e bicarbonatos, alcalinidade de bicarbonatos, carbonatos e total (exceto para G4). Nitrito contribuiu significativamente, com altos valores na seca, na diferenciação do grupo G6. Este grupo teve os maiores valores de CE, SDT, sódio, nitrito e sulfato, entre outros atributos qualitativos, de forma semelhante ao visualizado na análise geral.

Os resultados da ANOVA são apresentados no [Anexo 3](#), como já citado anteriormente e a representação GT2 é mostrada a seguir nas Figuras 18 e 19. Os gráficos GT-2 mostram as flutuações quantitativas dos parâmetros de qualidade dos principais agrupamentos

Os gráficos Box-plot mostram, de forma mais detalhada, as flutuações dos parâmetros. Observa-se que em toda a bacia, os parâmetros que tiveram comportamento (flutuações) semelhante com a primeira época seca estudada foram: pH, Ca, ferro, oxigênio consumido, amônia, nitratos. Magnésio também teve distribuição bastante homogênea, exceto em G-4 e G-5, onde apresentou elevadas concentrações, sendo um atributo qualitativo que diferenciou essas águas; outros parâmetros com distribuição semelhante foram carbonatos, alcalinidade total e de carbonato e de bicarbonato exceto em G-4, onde tiveram os mais altos valores, assim como dureza e nitrito, entre outros, em G-6 (Figuras 20 a 21).

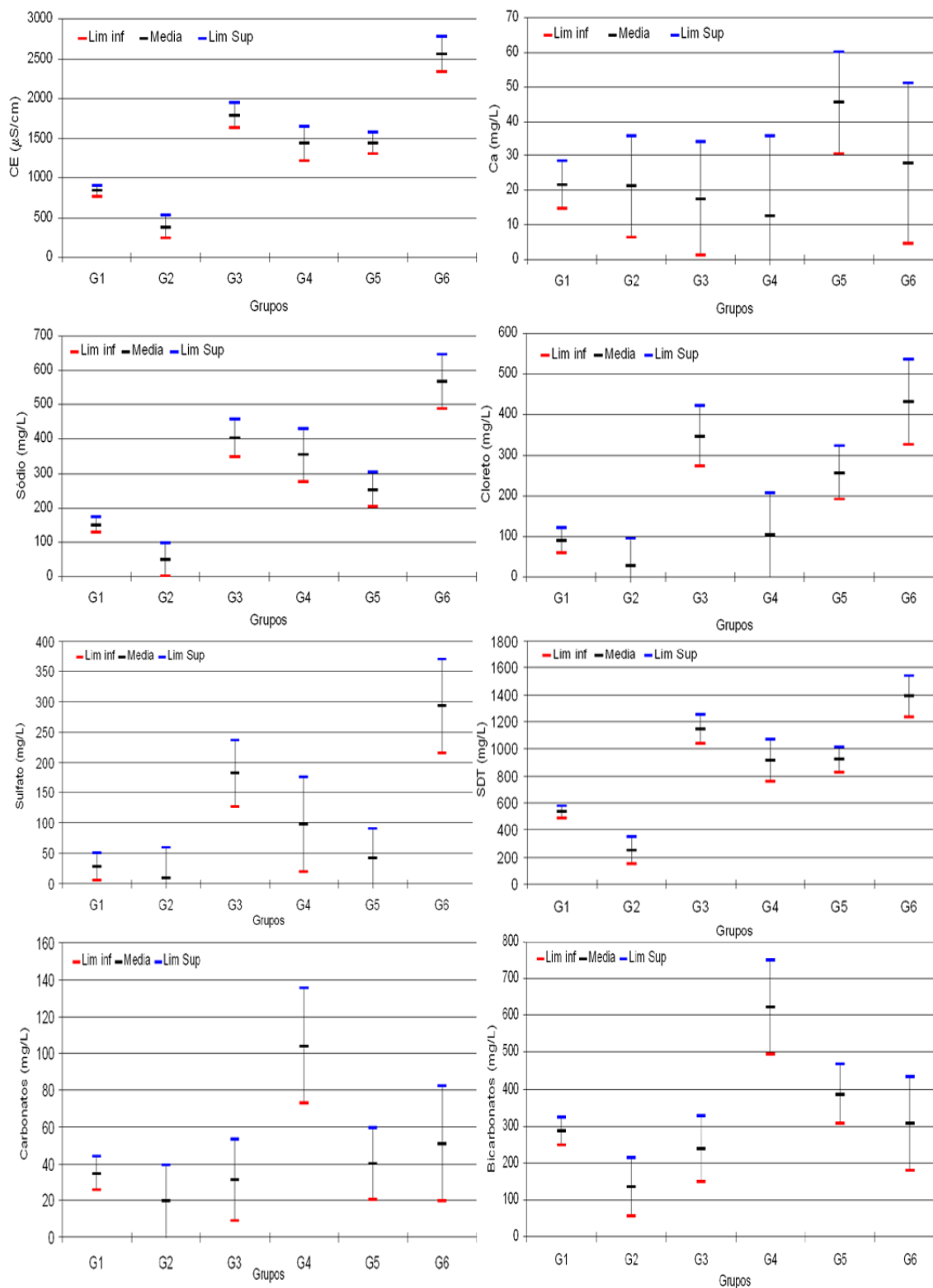


Figura 18 - Gráficos GT2 (fator único) para os 6 maiores agrupamentos da qualidade da água de 45 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas em agosto a novembro de 2005, época de seca.

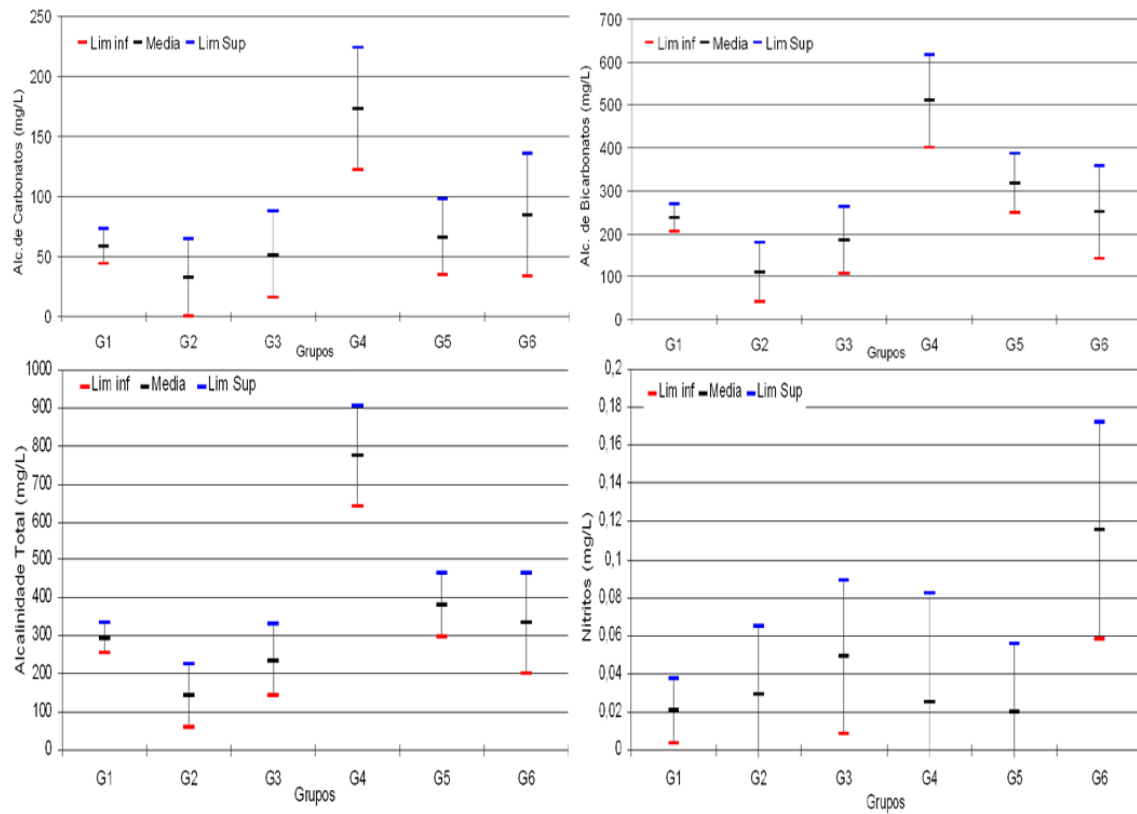


Figura 19 - Gráficos GT2 (fator único) para os 6 maiores agrupamentos da qualidade da água de 45 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas em agosto a novembro de 2005, época de seca.

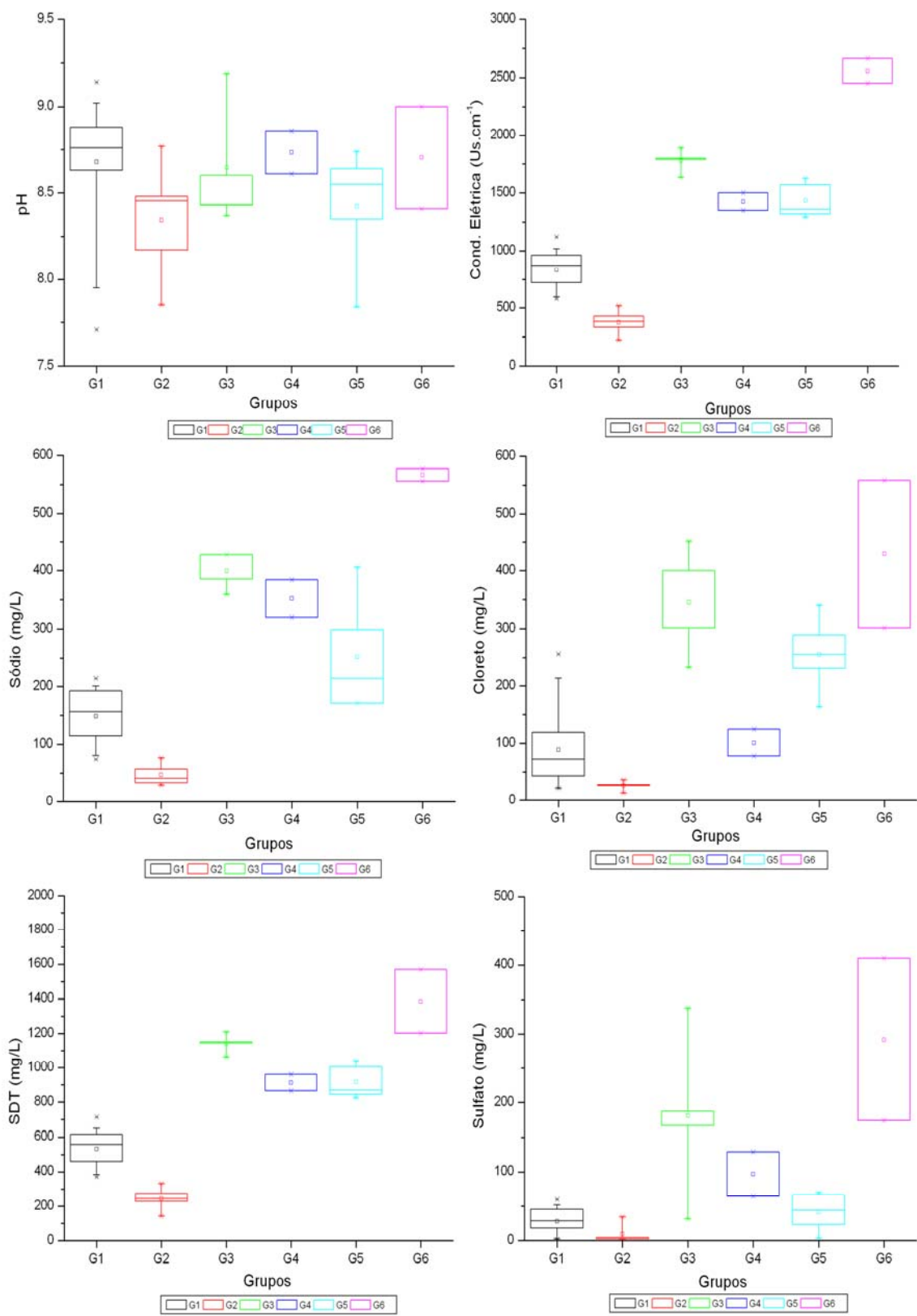


Figura 20 - Gráficos Box- plot apresentam de forma mais detalhada, as flutuações dos parâmetros na estação seca de 2005.

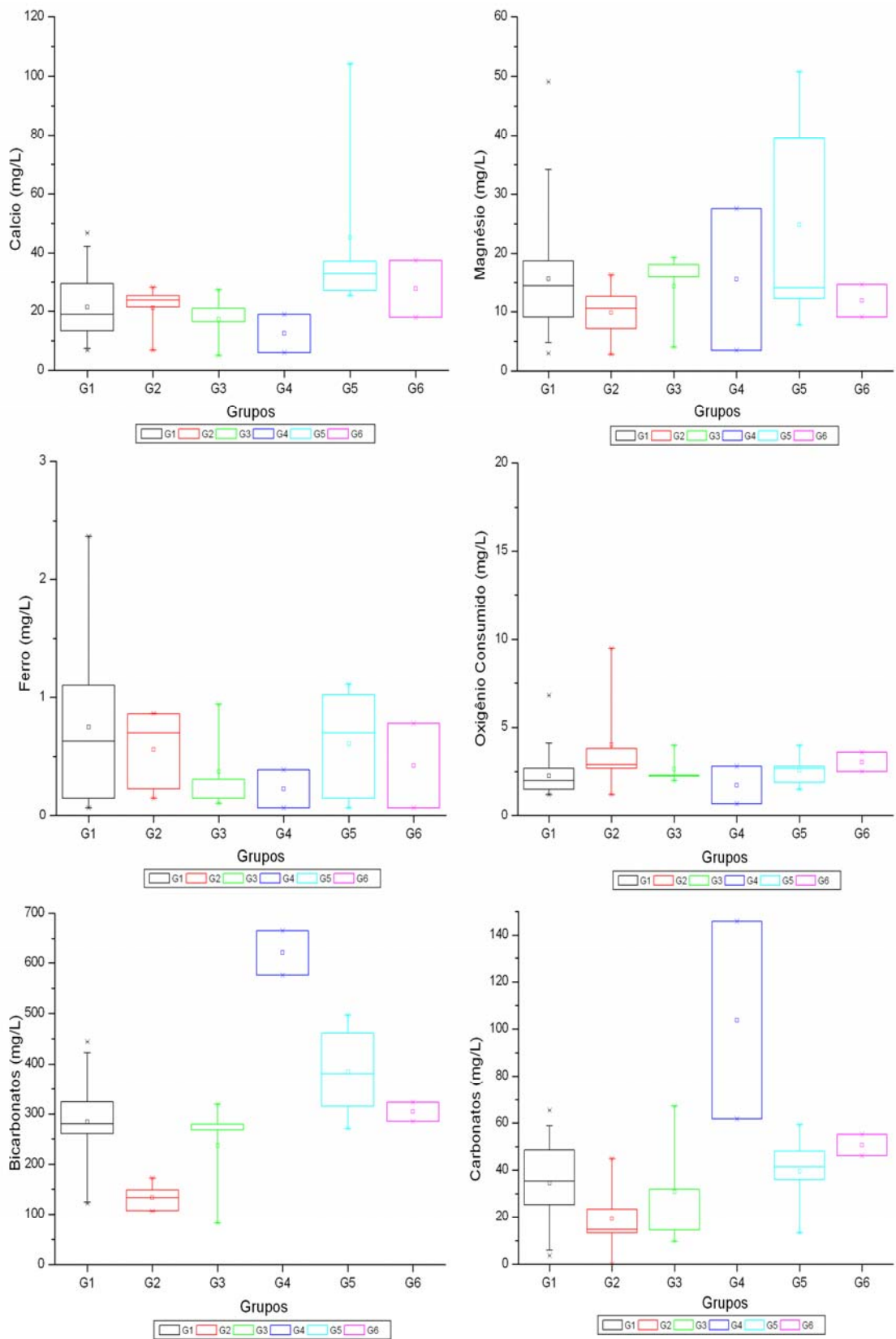


Figura 21 - Gráficos Box- plot apresentam de forma mais detalhada as flutuações dos parâmetros na estação seca de 2005

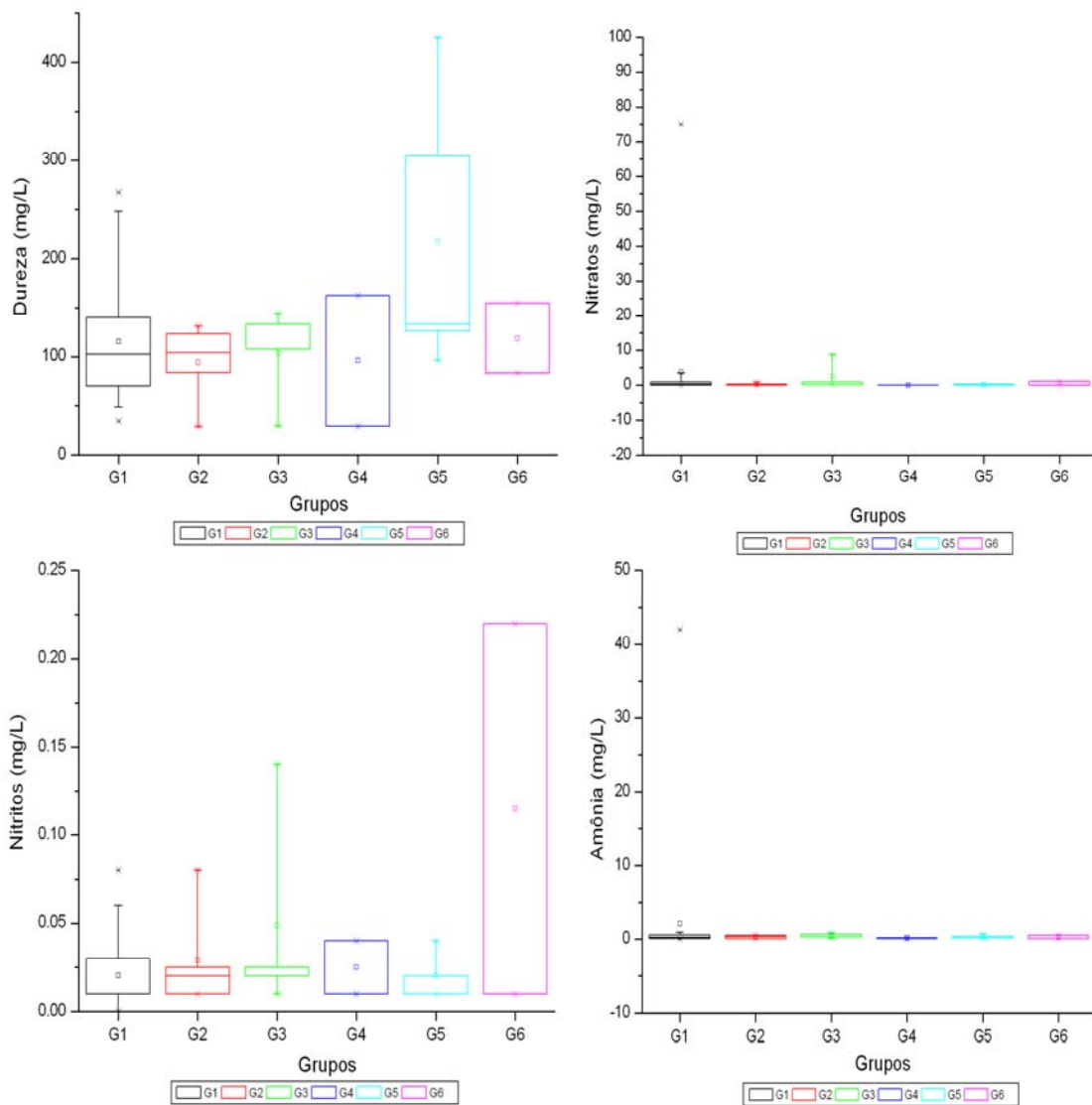


Figura 22 - Gráficos Box-plot apresentam de forma mais detalhada as flutuações dos parâmetros na estação seca de 2005.

O diagrama de Riverside, a seguir, evidência as classes das águas para irrigação durante o período seco de 2005. No geral, as qualidades foram às mesmas já observadas nos 111 poços, com distribuição espacial (Figura 23).

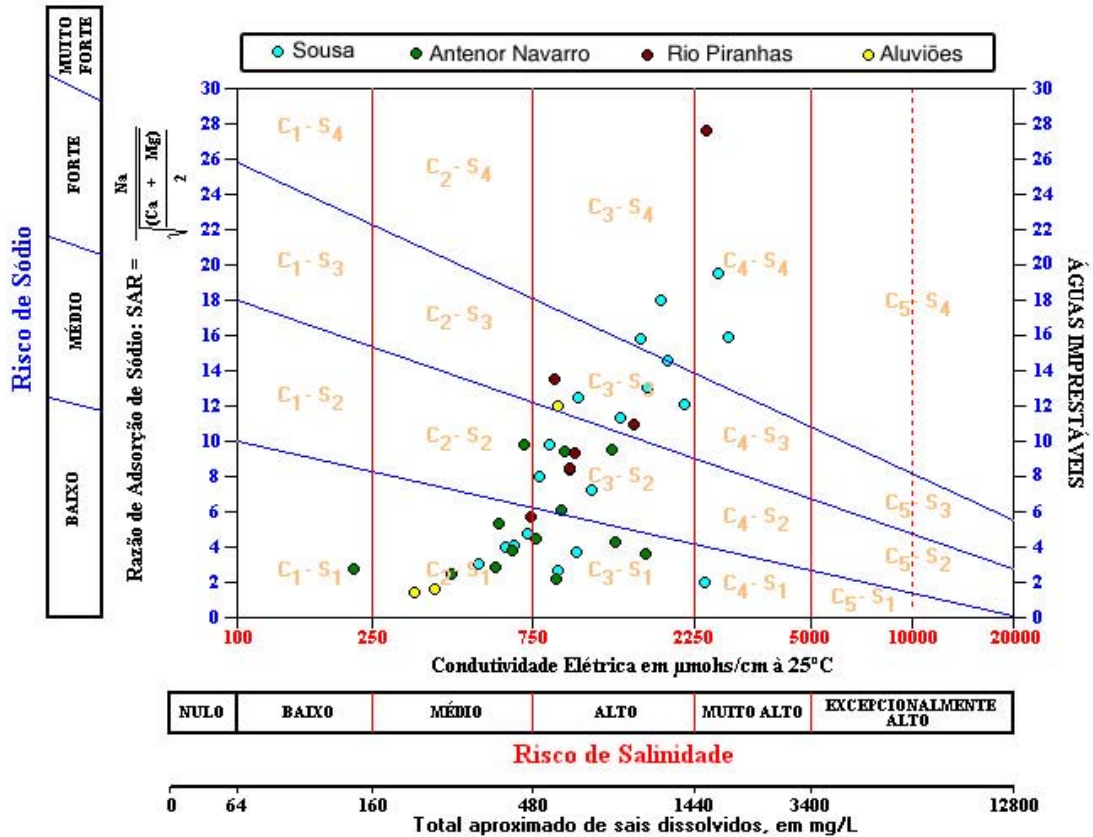


Figura 23 - Distribuição dos 45 poços amostrados na seca de 2005, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas

Época de seca, de agosto a novembro de 2006.

Na Tabela 9 se apresentam os resultados da estatística básica para o período seco de agosto-novembro de 2006.

Comparando os valores médios das variáveis qualitativas de ambos os períodos secos, no se observam grandes diferenças entre eles, embora houve, na segunda época seca, pequeno decréscimo de CE, devido aos menores teores de Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ , K^+ e cloretos nesse período. As concentrações de ferro também foram menores nesta segunda época seca em relação à primeira. Aumentaram levemente sulfato, alcalinidade de carbonato e amônio. As diferentes contrações desses íons nos diferentes poços foram determinantes de grupos de poços com águas de melhor qualidade (menores concentrações iônicas) nesta época.

Tabela 9 - Estatística Básica dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, para o período seco do ano de 2006 (agosto – novembro /06) para 45

Parâmetros	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<i>pH</i>	8,39	8,34	0,44	7,54	9,39
<i>CE (μS/cm)</i>	1011,39	810,00	675,94	202,00	3126,50
<i>Ca (mg/l)</i>	32,24	23,90	30,56	2,80	146,10
<i>Mg (mg/l)</i>	18,51	12,30	20,63	1,20	115,98
<i>Sódio (mg/l)</i>	213,18	147,89	178,92	25,07	867,33
<i>Potássio(mg/l)</i>	4,96	2,73	9,37	0,39	62,21
<i>Cloreto (mg/l)</i>	137,11	85,08	153,37	12,76	800,86
<i>Sulfato (mg/l)</i>	61,52	46,08	58,06	12,96	227,52
<i>Bicarbonato (mg/l)</i>	305,29	278,77	155,74	20,13	880,23
<i>Carbonato (mg/l)</i>	43,90	39,00	31,99	0,00	188,70
<i>Ferro (mg/l)</i>	0,39	0,23	0,47	0,07	3,11
<i>Oxig. Cons. (mg/l)</i>	2,27	1,60	2,59	0,70	16,40
<i>AlCaCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	70,53	65,00	52,76	0,00	314,50
<i>AlHCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	251,16	228,50	121,56	16,50	721,50
<i>AlTotal (mgCaCO₃/l)</i>	323,53	300,75	142,66	105,50	920,50
<i>Dureza (mgCaCO₃/l)</i>	183,24	116,56	172,49	27,19	785,00
<i>SDT (mg/l)</i>	657,46	498,50	436,27	129,00	2000,50
<i>Amonia (mg/l)</i>	0,95	0,73	0,54	0,00	3,18
<i>Nitritos (mg/l)</i>	0,10	0,02	0,25	0,01	1,12
<i>Nitratos (mg/l)</i>	0,91	0,20	2,09	0,00	9,74

O diagrama de Piper, com a distribuição iônica nas águas dos 45 poços para este segundo período seco (Figura 24), mostra, quando comparado com o da primeira época seca, menores concentrações de cálcio e de magnésio assim como de sulfato e cloretos. Os poços de melhor qualidade na segunda seca se localizam na formação Antenor Navarro e Rio Piranhas e alguns na formação Sousa. Antenor Navarro é zona de recarga do aquífero.

Em ambas as épocas secas verificam-se as características de águas duras, bicarbonatadas e sódicas, embora com menores concentrações na segunda época seca.

A análise de agrupamento evidenciou apenas 4 grupos principais de poços de qualidade semelhante, ou seja, que na segunda época seca a qualidade foi mais homogênea nesta bacia. Alcalinidade total, alcalinidade de carbonatos e de bicarbonatos e dureza apresentaram concentrações dentro dos limites já observados nas águas desta bacia, evidenciando suas características de águas duras, bicarbonatadas e sódicas.

Na Tabela 10 tem-se o número de poços em cada agrupamento, segundo características qualitativas semelhantes nesta época foram: 19 poços em G1; 11 em G2; 2 em G3; 5 em G4 e 8 formaram grupos individuais de amostra. A análise é análoga à anterior, com ocorrências do mesmo agrupamento nas diversas formações, com alguma predominância sobre as demais: G1 foi predominante em Antenor Navarro, junto com G2, confirmando que essa formação reúne poços de melhor qualidade de água. Os resultados da ANOVA são apresentados no Anexo 3 e os gráficos GT-2 da Figura 25 mostram o comportamento dos parâmetros que discriminaram os 4 grupos principais de qualidade na segunda época seca estudada. Pode-se verificar que em geral, houve menores concentrações dos íons do que na estação seca anterior.

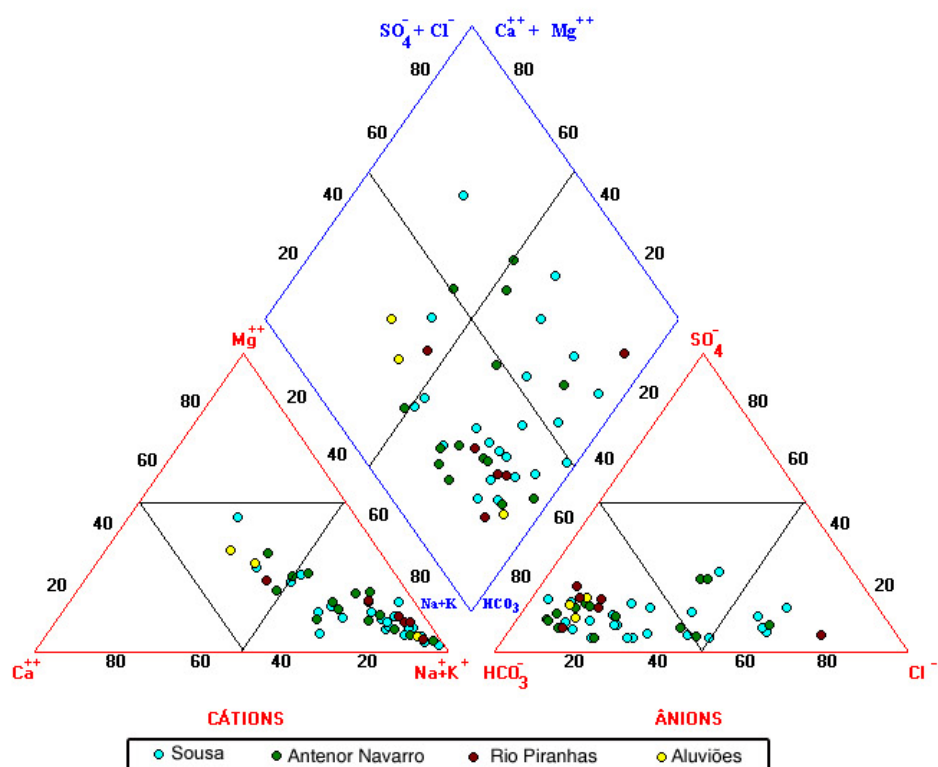


Figura 24 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas de 45 poços na segunda época seca (agosto-novembro/2006) distribuídos nas quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe. PB.

Tabela 10 - Ocorrência dos diversos grupos na estação seca de 2006 por formação geológica e sua predominância

Grupo de qualidade (Nº de amostras)	Número de amostras				Frequência de ocorrência (%)				Predominância
	Formações				Formações				
	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	Antenor Navarro	Sousa	Rio Piranhas	Aluvião	
G1 (19)	8	5	4	2	17,8	11,1	8,9	4,4	Antenor Navarro
G2 (11)	2	8	0	1	4,4	17,8	0,0	2,2	Antenor Navarro
G3 (2)	1	1	0	0	2,2	2,2	0,0	0,0	Antenor Navarro/Sousa
G4 (5)	1	3	0	1	2,2	6,7	0,0	2,2	Sousa
G _{sozinho} (8)	1	6	1	0	2,2	13,3	2,2	0,0	Sousa

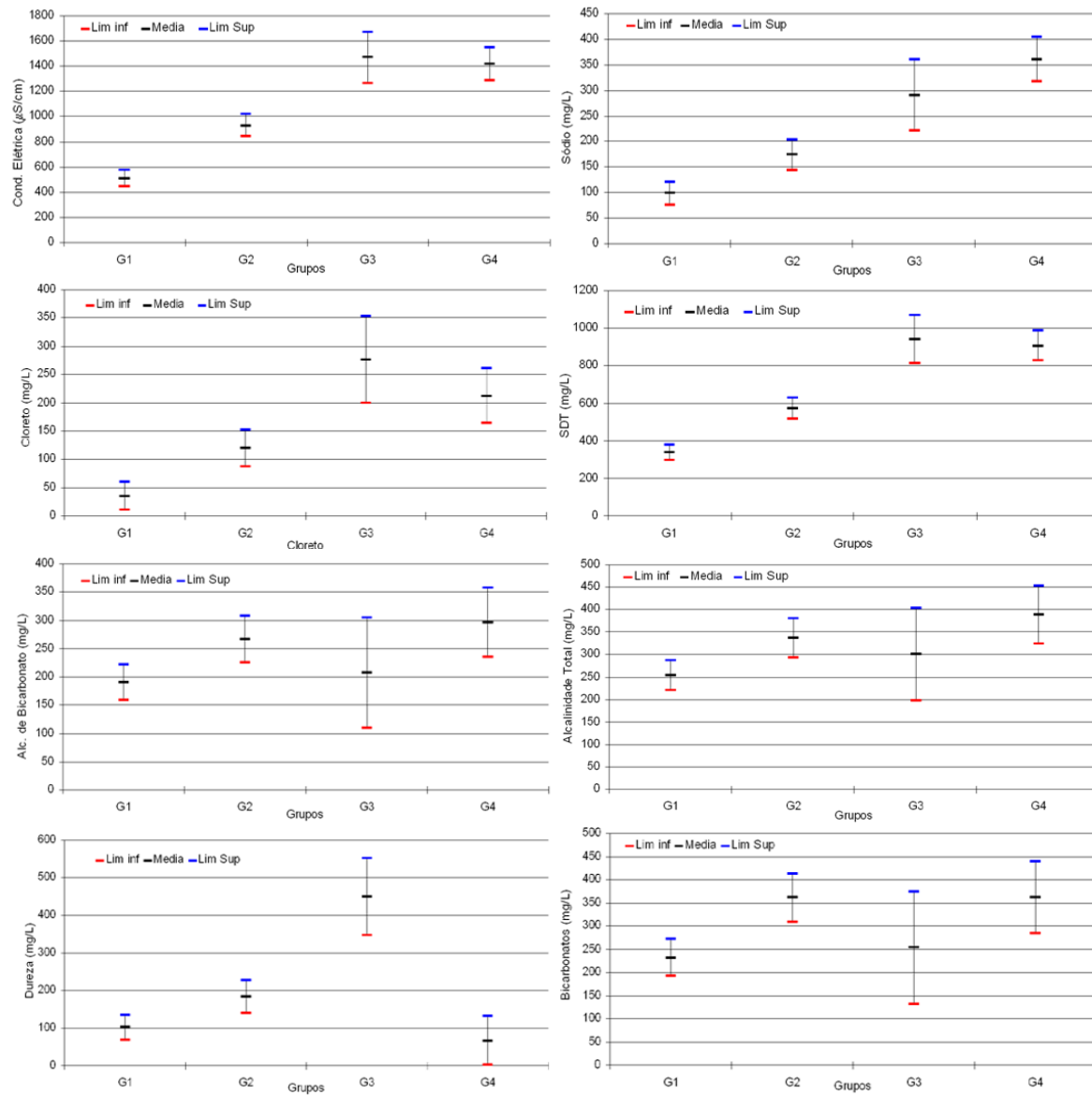


Figura 25 - Gráficos GT2 (fator único) para os 4 maiores agrupamentos da qualidade da água de 45 poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, em amostras coletadas em agosto a novembro de 2006, época de seca.

Observam-se concentrações crescentes de CE, sódio e cloreto desde G-1 a G-4, sendo este último o grupo das águas de pior qualidade física e química e predominante na formação Sousa. As variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo são apresentadas nos gráficos Box - plot, a seguir:

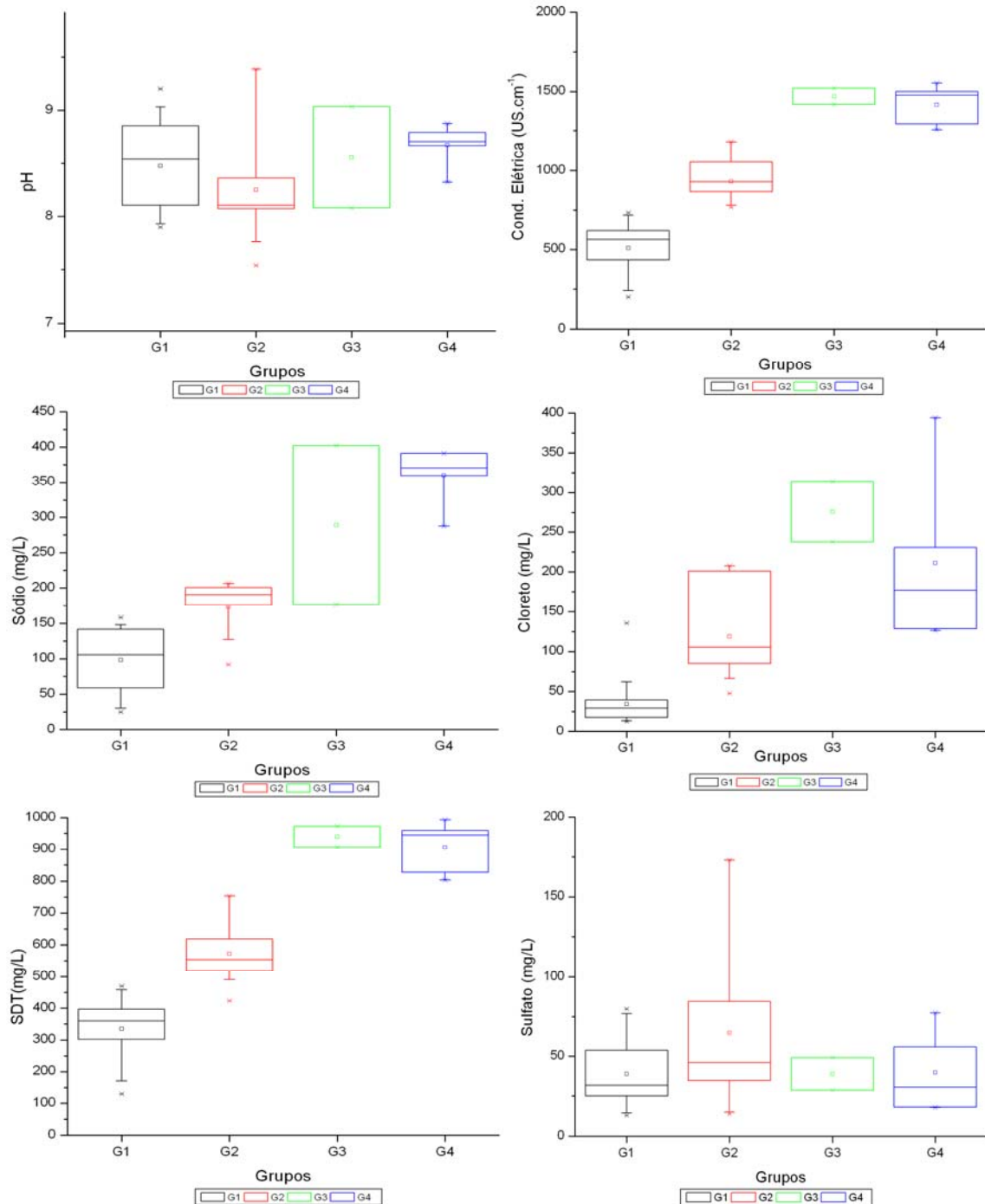


Figura 26 - Gráficos Blox-pot 4 com as variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo de agosto a novembro de 2006, época de seca.

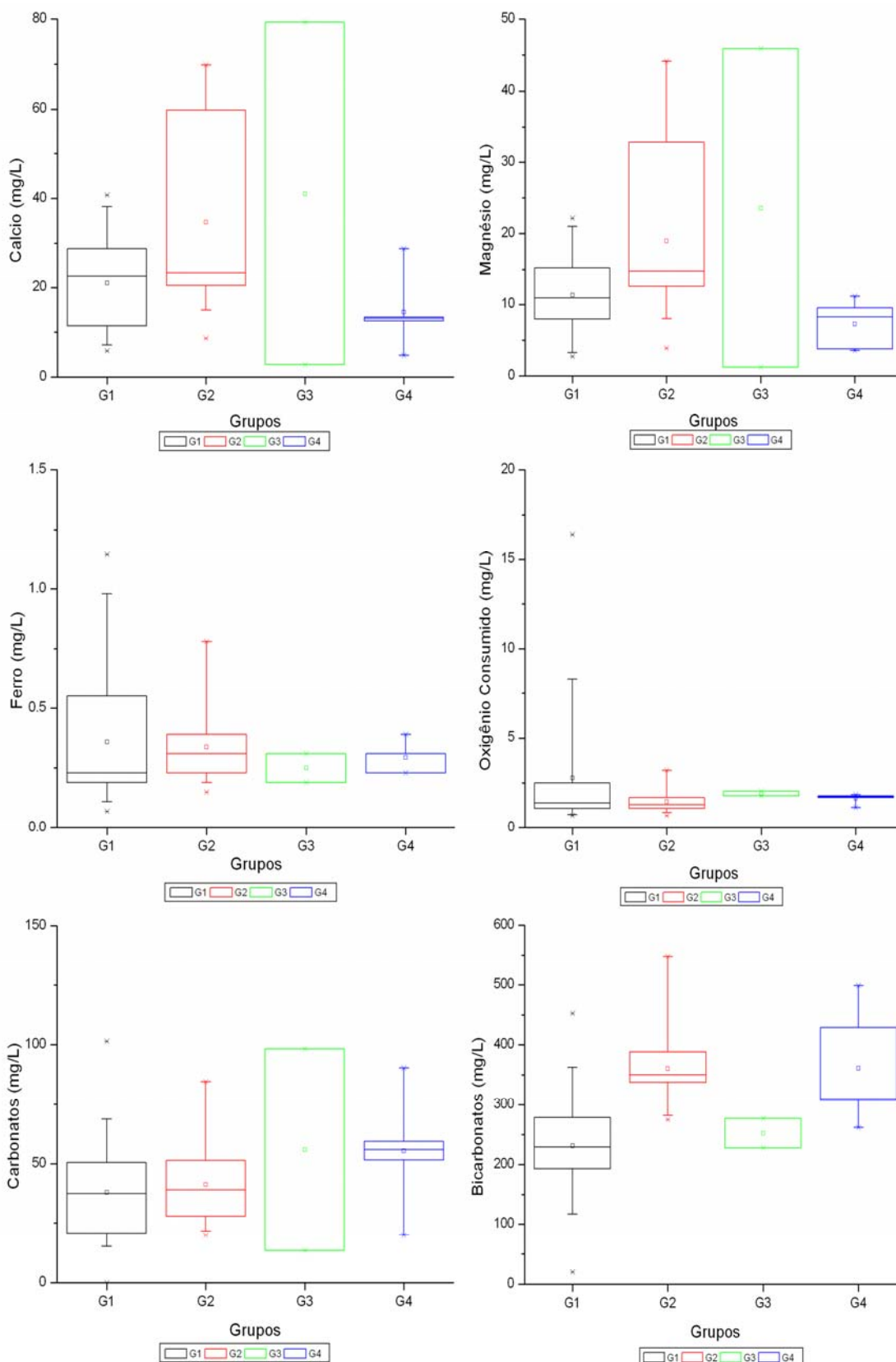


Figura 27 - Gráficos Blox-pot 4 com as variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo de agosto a novembro de 2006, época de seca.

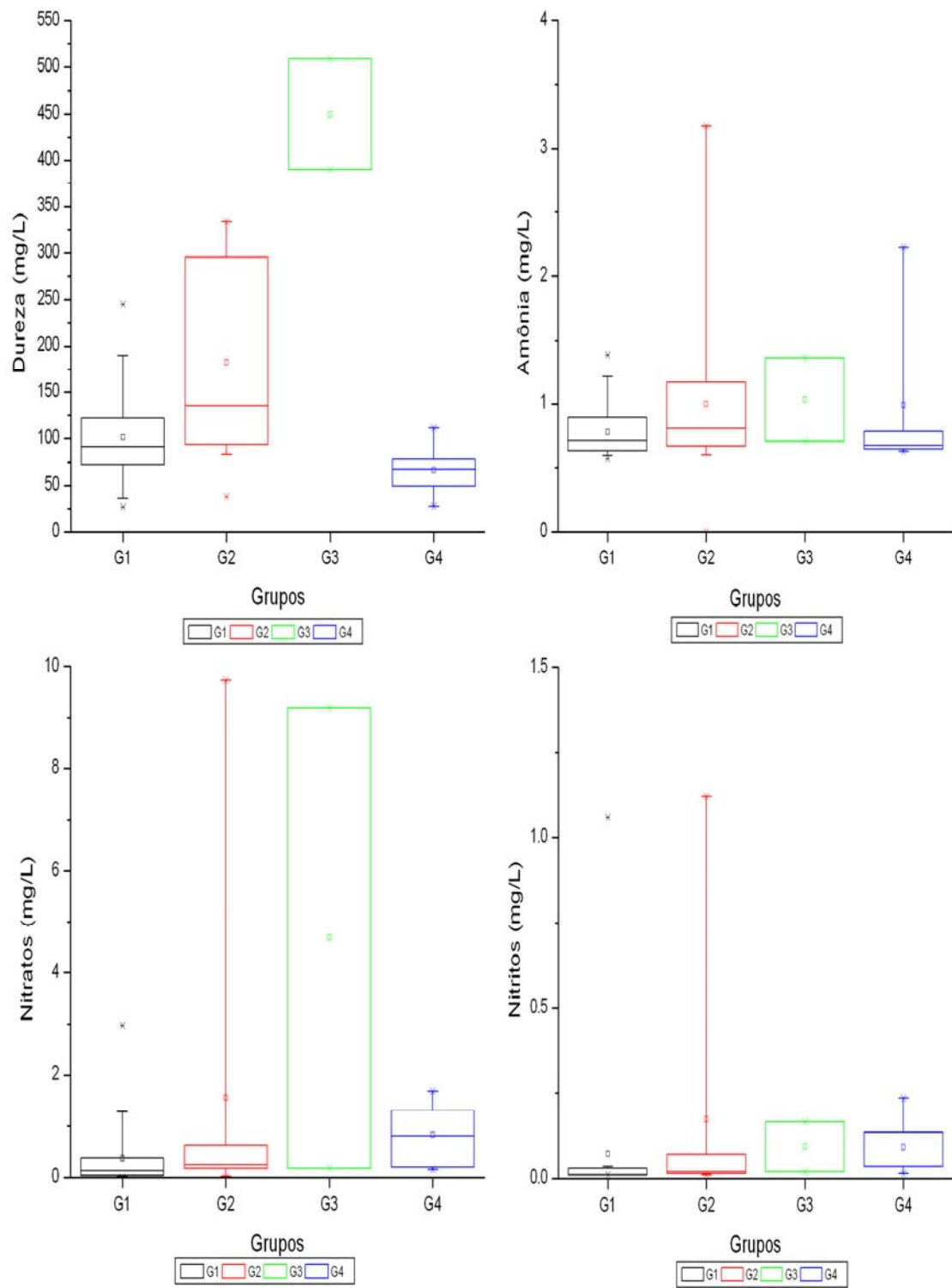


Figura 28 -Gráficos Blox-pot 4 com as variações das concentrações de cada parâmetro qualitativo de agosto a novembro de 2006, época de seca

A classificação dessas águas para seu uso em irrigação é apresentada a na Figura 5.1.23.

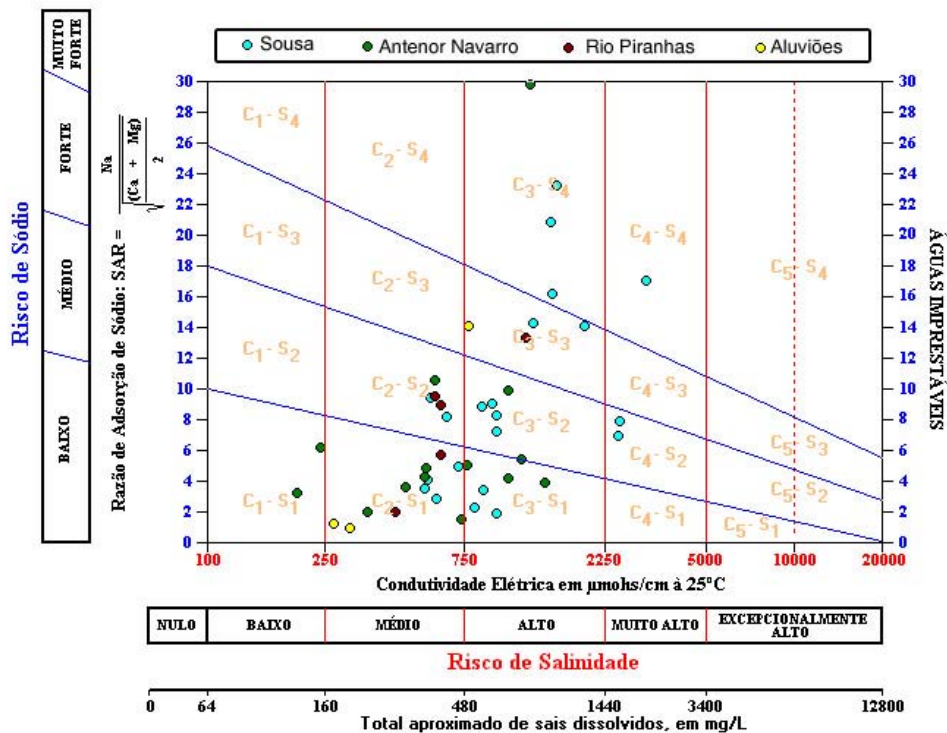


Figura 29 - Distribuição dos 45 poços amostrados no período seco de 2006, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas, se for usadas para irrigação.

Comparando a qualidade das águas de irrigação nos dois períodos secos, observa-se que houve, no segundo período seco, maior número de amostras de água com qualidade C₂ e, em menor número, os de qualidade C₄.

Época de chuva, mês de maio de 2006.

Os resultados da estatística básica para esta época de chuvas (mês de maio de 2006), são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Estatística Básica dos parâmetros de qualidade de 21 amostras de águas subterrâneas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, para o período de chuva do mês de maio de 2006.

Parâmetros	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<i>pH</i>	8,45	8,55	0,35	7,65	8,91
<i>CE (µS/cm)</i>	1129,29	1114,00	829,96	264,00	3711,00
<i>Ca (mg/l)</i>	37,74	22,40	54,34	4,20	260,00
<i>Mg (mg/l)</i>	14,39	11,40	9,54	1,92	35,64
<i>Sódio (mg/l)</i>	253,99	188,14	237,11	29,44	1057,77
<i>Potássio (mg/l)</i>	12,90	2,73	43,15	0,39	200,85
<i>Cloreto (mg/l)</i>	154,03	112,37	139,28	8,86	479,28
<i>Sulfato (mg/l)</i>	114,26	35,04	286,83	4,80	1348,80
<i>Bicarbonato (mg/l)</i>	285,82	298,90	111,24	103,70	489,22
<i>Carbonato (mg/l)</i>	33,71	30,00	18,27	10,20	65,40
<i>Ferro (mg/l)</i>	0,31	0,15	0,38	0,07	1,42
<i>Oxig. Cons. (mg/l)</i>	2,11	1,80	1,43	1,00	7,50
<i>AlCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	56,19	50,00	30,46	17,00	109,00
<i>AlHCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	243,81	246,50	93,51	85,00	401,00
<i>ALTotal (mgCaCO₃/l)</i>	290,48	292,50	112,86	102,00	510,00
<i>Dureza (mgCaCO₃/l)</i>	150,49	109,37	165,86	18,75	798,75
<i>SDT (mg/l)</i>	722,24	712,00	531,27	168,00	2375,00
<i>Amonia (mg/l)</i>	0,79	0,80	0,39	0,00	1,47
<i>Nitritos (mg/l)</i>	0,04	0,02	0,10	0,00	0,46
<i>Nitratos (mg/l)</i>	0,53	0,09	1,34	0,00	6,24

As chuvas de maio de 2006 provocaram leves melhorias qualitativas da água subterrânea da bacia em relação à qualidade determinada na época seca anterior (agosto-novembro 2005), com pequena diminuição, por diluição, das concentrações da maioria dos sais e os parâmetros associados, como SDT. Diminuíram, com a chuva, sódio, cloreto, carbonato e bicarbonato, alcalinidade total, de carbonato e de bicarbonato, amônia e nitrito.

O diagrama de Piper (Figura 30) mostra a distribuição iônica na primeira época de chuva pesquisada.

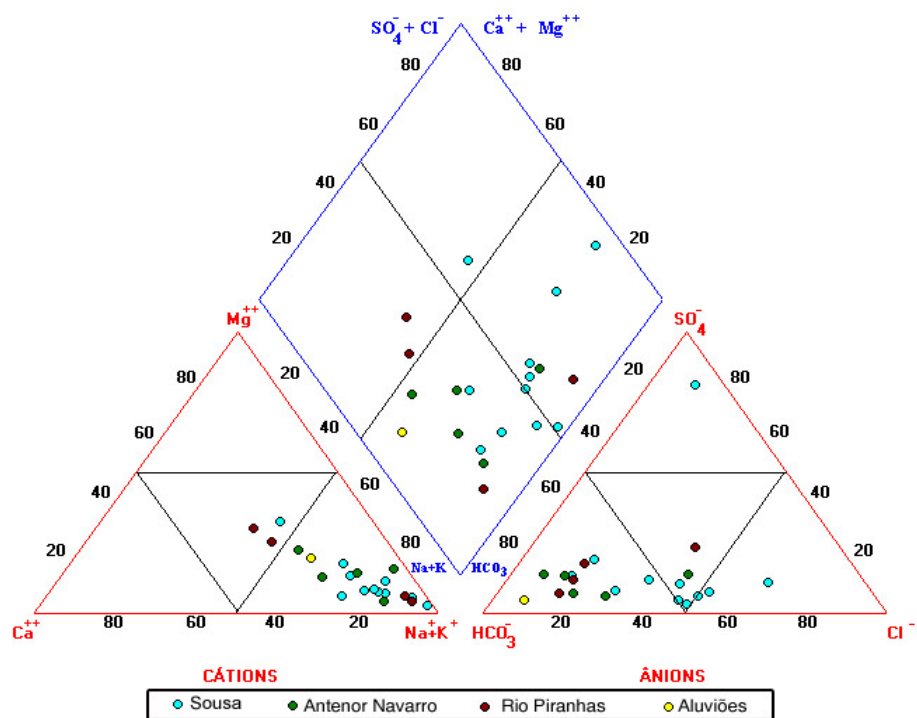


Figura 30 - Íons predominantes nas águas subterrâneas de 21 poços na primeira época de chuva (maio 2006) distribuídos nas quatro formações geológicas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe-PB.

A diluição provocada pelas águas percoladas durante o processo de recarga do aquífero melhorou a qualidade da maioria dos poços, com destaque para os localizados na formação Antenor Navarro, de formação arenítica e potencial zona de recarga deste aquífero, seguido por alguns poços situados na formação Rio Piranhas.

A classificação dessas águas para irrigação, segundo Riverside (Figura 31) mostra a predominância de águas C₂-S₁ e C₃-S₍₂₋₄₎ e uma C₄-S₄.

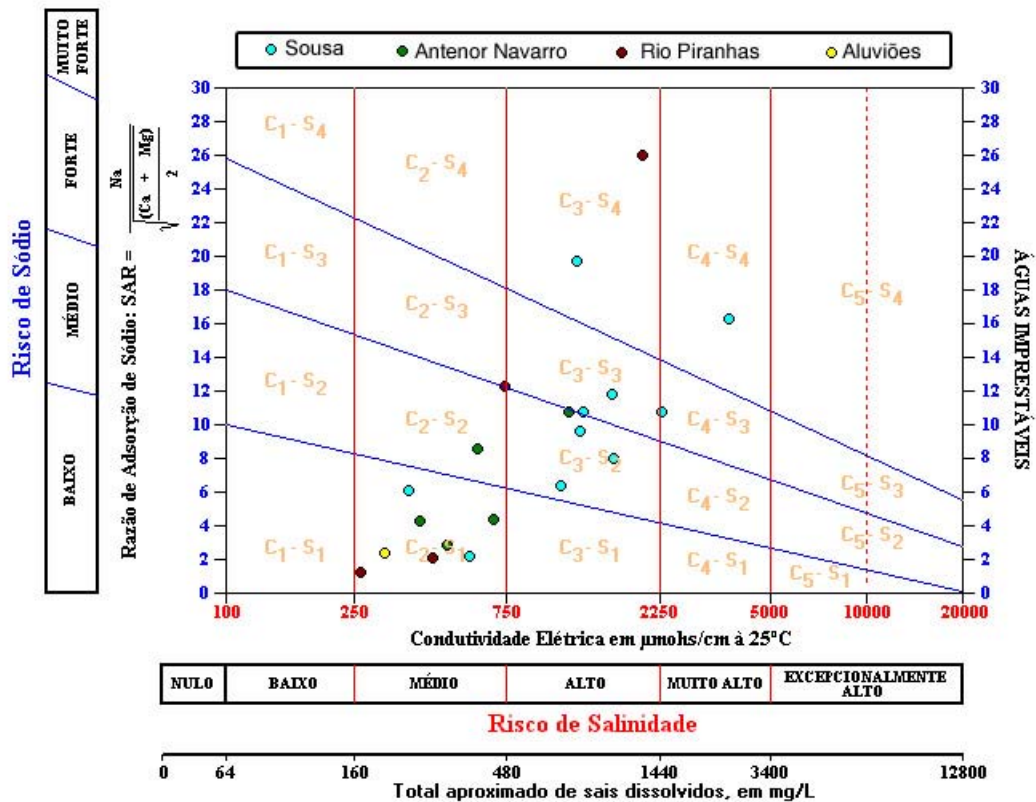


Figura 31 - Distribuição dos 21 poços amostrados no período de chuva de 2006, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas.

Época de chuva, mês de fevereiro de 2007.

A análise dos valores médios e medianos dos parâmetros qualitativos das águas subterrâneas no segundo período de chuvas (fevereiro 2007) mostra pH neutro, a diferença dos períodos anteriores, onde predominaram condições básicas, assim como CE e SDT inferiores aos valores da época seca de 2006 e, ainda, inferiores aos da época de chuva desse mesmo ano, assim como concentrações menores de íons (sódio, potássio, cloretos, carbonatos, entre outros).

Tabela 12 - Estatística Básica dos parâmetros de qualidade dos 21 amostras de águas subterrâneas da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, para o período de chuva - fevereiro de 2007.

Parâmetros	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<i>pH</i>	7,95	7,95	0,43	6,97	8,86
<i>CE (μS/cm)</i>	1027,52	890,00	658,32	300,00	3310,00
<i>Ca (mg/l)</i>	31,62	19,40	40,31	3,00	196,40
<i>Mg (mg/l)</i>	15,10	12,60	9,86	2,76	45,36
<i>Sódio (mg/l)</i>	229,32	185,84	185,78	33,58	782,69
<i>Potássio(mg/l)</i>	3,64	1,95	3,50	1,17	12,87
<i>Cloreto (mg/l)</i>	94,66	95,71	55,61	33,67	224,04
<i>Sulfato (mg/l)</i>	73,25	55,73	91,62	4,75	420,76
<i>Bicarbonato (mg/l)</i>	295,62	281,21	113,13	110,41	517,89
<i>Carbonato (mg/l)</i>	53,90	53,40	26,70	13,20	114,60
<i>Ferro (mg/l)</i>	0,16	0,07	0,19	0,07	0,78
<i>Oxig. Cons. (mg/l)</i>	4,00	1,70	6,18	1,10	26,20
<i>AlCaCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	96,19	92,00	44,38	28,00	191,00
<i>AlHCO₃ (mgCaCO₃/l)</i>	248,64	241,00	93,42	90,50	424,50
<i>ALTotal (mgCaCO₃/l)</i>	349,36	363,50	118,01	122,00	561,50
<i>Dureza (mgCaCO₃/l)</i>	139,34	102,50	118,20	37,50	581,87
<i>SDT (mg/l)</i>	657,46	569,00	421,42	192,00	2118,00
<i>Amonia (mg/l)</i>	0,24	0,08	0,41	0,05	1,88
<i>Nitritos (mg/l)</i>	0,02	0,02	0,02	0,00	0,07
<i>Nitratos (mg/l)</i>	0,86	0,31	2,06	0,00	9,66

O diagrama de Piper (Figura 32) evidencia a distribuição iônica nas águas dos poços amostrados e a formação geológica à qual os mesmos pertencem. Pode-se observar que a distribuição dos poços se aproxima à distribuição da época chuvosa anterior, embora nesta segunda época de chuvas as concentrações iônicas são menores. Comparado às duas épocas de chuvas, esta última apresentou as águas de melhores qualidades.

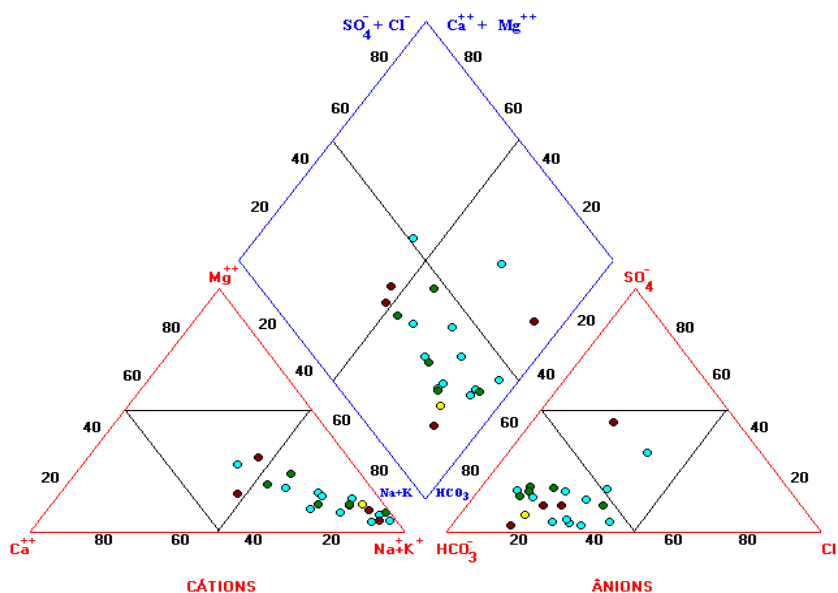


Figura 32 - Íons predominantes nas águas subterrâneas de 21 poços na segunda época de chuva (fevereiro 2007) distribuídos nas quatro formações geológicas da bacia.

A classificação de Riverside (Figura 33), mostra águas C₂-S₁ e C₃-S (1-4), e uma C₄-S₄.

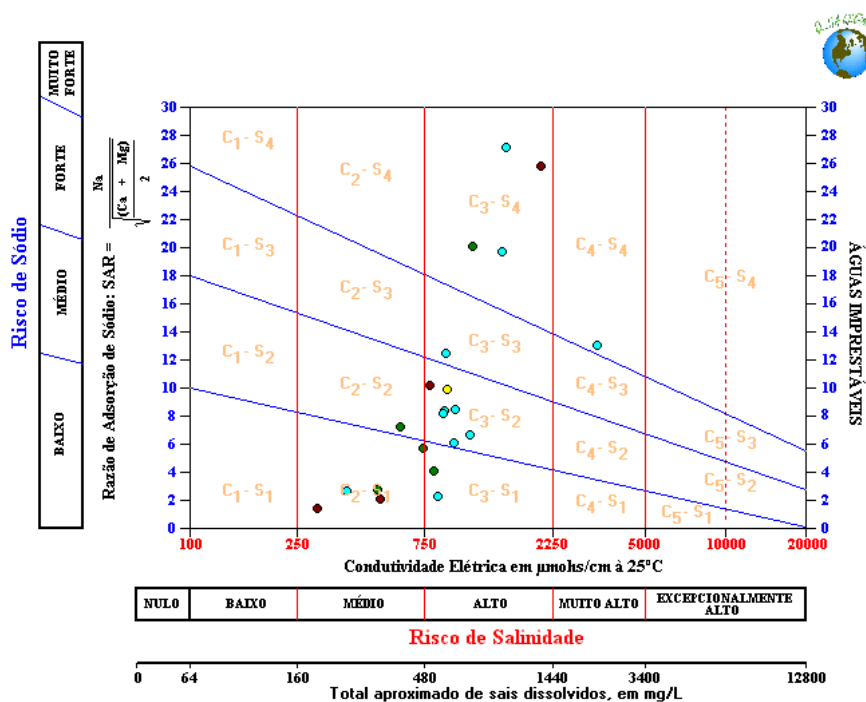


Figura 33 - Distribuição dos 21 poços amostrados no período seco de 207, no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas.

Conclui-se que nas épocas de chuvas, a qualidade da água subterrânea desta bacia experimenta melhoria, sob impacto das águas de recarga do aquífero que dilui as espécies químicas e torna a água menos dura e alcalina e levemente menos sódica e menos cálcica. Também diminuíram potássio, magnésio e cloretos.

Qualidade sanitária da água de poços em épocas de seca e de chuva

Este estudo foi feito num universo de 20 poços amostrados em três épocas (em agosto de 2006, novembro de 2006, fevereiro de 2007) e nos quais se quantificaram coliformes totais e coliformes termotolerantes.

A maioria das amostras de água subterrânea apresentou contaminação fecal, a qual foi mais elevada logo após as chuvas (agosto de 2006) nos poços tubulares e nos tipo amazonas, quando 4 (20%) amostras apresentaram > 1.000NMP *E.coli*/100ml). Após 4 meses secos, em novembro de 2006, apenas 2 (10%) das amostras tiveram esse nível de contaminação, sugerindo que o avanço da estação seca influenciou na redução destas bactérias indicadoras de contaminação fecal.

Considerando o total de poços analisados, de agosto a novembro 2006, houve, nesse período de 4 meses, redução das concentrações de *E.coli* em 13 (65%) dos 20 estudados e em 11 (55%) houve decréscimo das concentrações de coliformes totais (Tabela 13).

Na mesma época acima considerada houve rebaixamento médio relativo do nível estático de aproximadamente 93 cm (Pinheiro *et. al*, 2007). Portanto, pode-se associar a diminuição do nível da água subterrânea com a diminuição das concentrações das bactérias estudadas. Um modelo que pode explicar esse decréscimo se relaciona com a concentração das espécies químicas: em consequência da perda de água com o avanço da época seca, se concentram os sais a aumentam CE e SDT, Sódio, Cálcio e outros íons, gerando um ambiente de mais alta salinidade que poderia estar afetando às bactérias coliformes, causando sua morte.

Tabela 13 - Concentração de coliformes totais e *E.coli* em poços da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe - PB, ao longo das três campanhas de monitoramento

Código do Poço	agosto de 2006		novembro de 2006		fevereiro de 2007	
	CT	<i>E.Coli</i>	CT	<i>E.Coli</i>	CT	<i>E.Coli</i>
	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml
DV069	686,7	1	11	1	68,9	25,3
P146	>2500	1	>2500	13,2	>2419,2	29,5
P230	>209,8	31,6	27,5	6,3	307,6	110
P42	>2500	112,6	186	71,4	980,4	220,9
DV916A	>2500	211,7	>2500	727	>2419,2	>2419,2
CH061	>2500	307,6	29,2	15,8	1	1
P159	>2500	313	>2500	60,5	>2419,2	1553,07
CD983	488,4	325,5	>2500	>2500	>2419,2	>2419,2
P151	>2500	325,5	>2500	178,9	2419,17	26,9
CH039	>381,1	43,5	61,6	<1	143,9	<1
P201	>2500	387,3	>2500	44,3	1119,85	81,6
CM592	>2500	552	1732,87	980,4	1203,31	816,4
P178	1986,28	579,4	3	<1	125,9	5,2
CD113	1046,24	920,8	1413,6	547,5	1732,87	488,4
CN992	>2500	>2500	48,7	23,1	33,1	5,2
DW665	>2500	>2500	187,2	52	>2419,2	2419,17
P110	>2500	>2500	>2500	365,4	>2419,2	1203,31
P27	>2500	>2500	1732,87	1203,31	1986,28	30,9
Fonte Igapó	42,2	<1	9,5	7,3	<1	<1
P03A	<1	<1	<1	<1	365,4	<1

Na segunda época de chuvas, fevereiro de 2007 aumentou as concentrações de coliformes fecais em 9 (45%) dos poços desta bacia e em 7 (35%) os coliformes totais.

Em nenhuma das três épocas foi observada associação direta entre as concentrações de coliformes totais e *E.coli*. Os segundos são de origem fecal enquanto os primeiros têm origem fecal e ambiental. Ambos devem ter atingido os poços com as águas de recarga dos aquíferos nas épocas de chuvas, quando se observou aumento de suas concentrações.

As diferenças de comportamento observadas entre essas bactérias, em particular seu maior ou menor grau de sobrevivência nas águas subterrâneas, se associa com sua maior ou menor resistência às condições ambientais geradas nos aquíferos nas épocas de seca e de chuva. As bactérias denominadas “coliformes totais” constituem um grupo bastante heterogêneo de bastonetes Gram negativos que pertencem a diferentes gêneros (*Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, entre outros), com diferentes características adaptativas.

A Figura 34 apresenta a distribuição, por faixa de concentração, de coliformes totais e a Figura 35, a de *E.coli*.

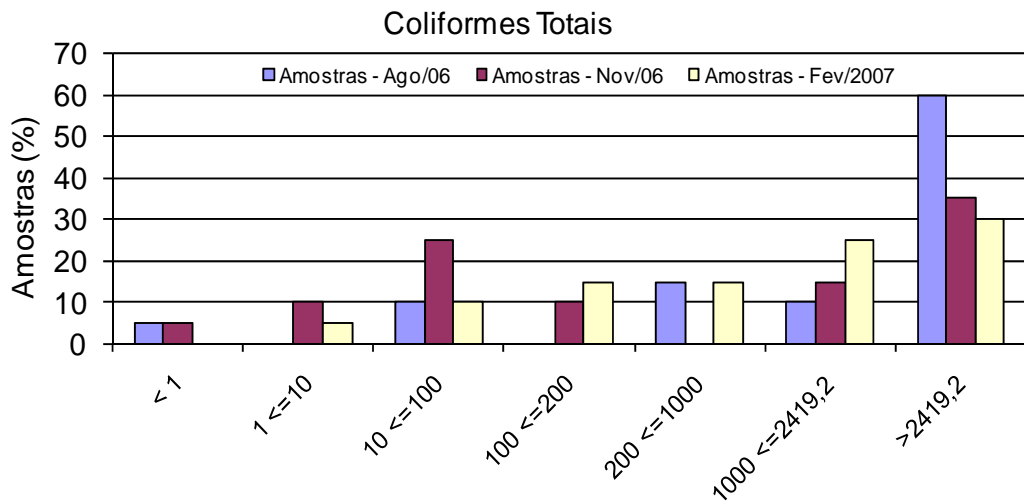


Figura 34 - Distribuição, por faixa de concentração, de coliformes totais em águas de poços da Bacia do Rio do Peixe (agosto e novembro de 2006 e fevereiro de 2007).

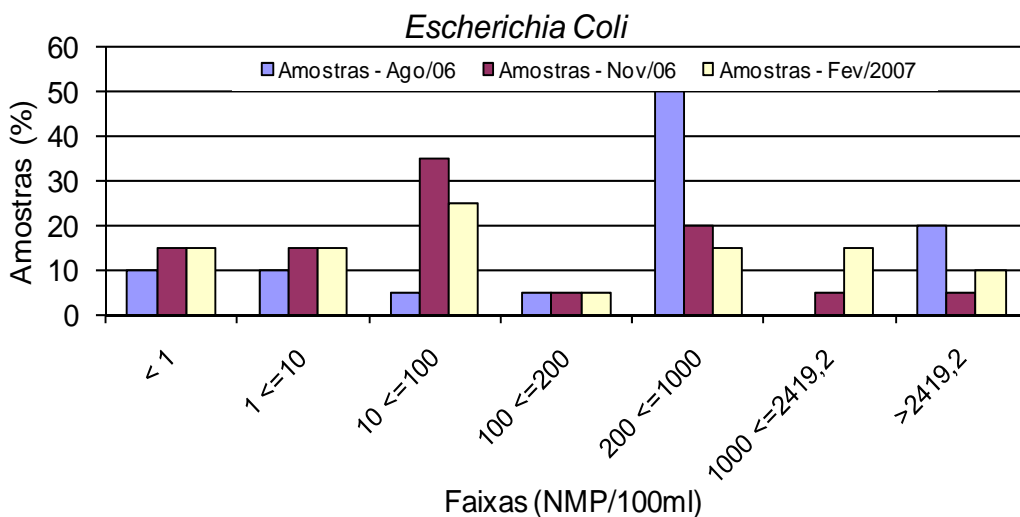


Figura 35 - Distribuição, por faixa de concentração, de E.coli em águas de poços da Bacia do Rio do Peixe (agosto e novembro de 2006 e fevereiro de 2007).

3 - Estudo de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação dos Aquíferos

Autores: Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos – UFCG; MSc José do Patrocínio Tomaz Albuquerque – UFCG; MSc José Rosenilton de Araújo Maracajá – UFCG; Kiosthenes Moreira Pinheiro – Inic. Científica / PIBIC/CNPq Esp.. Manoel Julio da Trindade Gomes Galvão – CPRM; Ismael José Pereira – UFCG.

Define-se como *vulnerabilidade de um aquífero*, o maior ou menor grau de disponibilidade que o mesmo apresenta de sofrer uma contaminação.

O denominado *risco potencial de contaminação das águas subterrâneas* deve-se à interação entre dois fatores que se consideram fundamentais: o primeiro refere-se a *carga contaminante* lançada no solo como resultado das atividades antrópicas e o segundo, a *vulnerabilidade natural do aquífero* de ser afetado por esta carga contaminante (Foster & Hirata, 1987).

A carga contaminante é caracterizada em função de sua *classe, intensidade, modo de disposição no terreno e duração*, enquanto que a vulnerabilidade do sistema aquífero depende da *litologia e estrutura hidrogeológica do terreno*. Portanto, a carga contaminante pode ser controlada ou modificada, o que não acontece com a vulnerabilidade do aquífero.

Na região da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe existem vários tipos de cargas contaminantes em geral de médias a baixas intensidades correspondendo a rejeitos sólidos e líquidos advindo das indústrias, os postos de combustíveis, os lixões localizados sobre camadas sedimentares, os esgotos e fossas das áreas urbanas e em menor escala os das áreas rurais, os cemitérios, e os defensivos agrícolas utilizados nos diversos projetos de irrigação existentes na área.

Por outro lado, a disposição geológica, a condutividade hidráulica dos aquíferos, a profundidade do aquífero, o tipo de solo, o relevo, a natureza da zona não saturada, dentre outros, são elementos que influem na vulnerabilidade do sistema aquífero.

A caracterização dessa vulnerabilidade e a localização das cargas contaminantes se constituem elementos fundamentais para a caracterização de problemas de contaminação das águas subterrâneas como é demonstrado a seguir.

3.1 - Avaliação e Mapeamento da vulnerabilidade Natural

Para definição da vulnerabilidade natural dos aquíferos foi seguida a metodologia de índice GOD adotada por Foster & Hirata (1987) que define as diversas classes de vulnerabilidade, tomando como base os três parâmetros seguintes:

G - Ocorrência da água subterrânea (*Groundwater occurrence*) – se o aquífero confinado, semi-confinado ou não confinado, etc.

O - Classificação geral do aquífero (*Overall aquifer class*)

D - Profundidade ao topo do aquífero (*Depth to groundwater table*)

O índice GOD é calculado multiplicando-se este três parâmetros, os quais são avaliados conforme demonstrado a seguir:

a) Cálculo do Índice G – Tipo de aquífero

Parâmetro G	Índice
Nenhum	0,0
Confinado artesiano	0,1
Confinado	0,2
Semi-confinado	0,3
Semi-confinado (coberto)	0,5
Não confinado	1,0

b) Cálculo do Índice O – Litologia

Parâmetro O	Índice
<i>Rochas não consolidadas:</i>	
Solos residuais	0,4
Aluviões siltsos	0,5
Areia eólicas	0,6
Areias e cascalheiras aluvionares e fluviais	0,7
Cascalheiras coluvionares	0,8
<i>Rochas consolidadas (rochas porosas):</i>	
Argilitos e xistos	0,5
Siltitos	0,6
Tufos vulcânicos	0,6
Arenitos	0,7
Calcários e Calcarenitos	0,9
<i>Rochas consolidadas (rochas densas):</i>	
Formações ígneas/metamórficas	0,6
Lavas vulcânicas recentes	0,8
Outros calcários	1,0

c) Cálculo do Índice D - Profundidade do Nível Estático ou do Topo do Aquífero

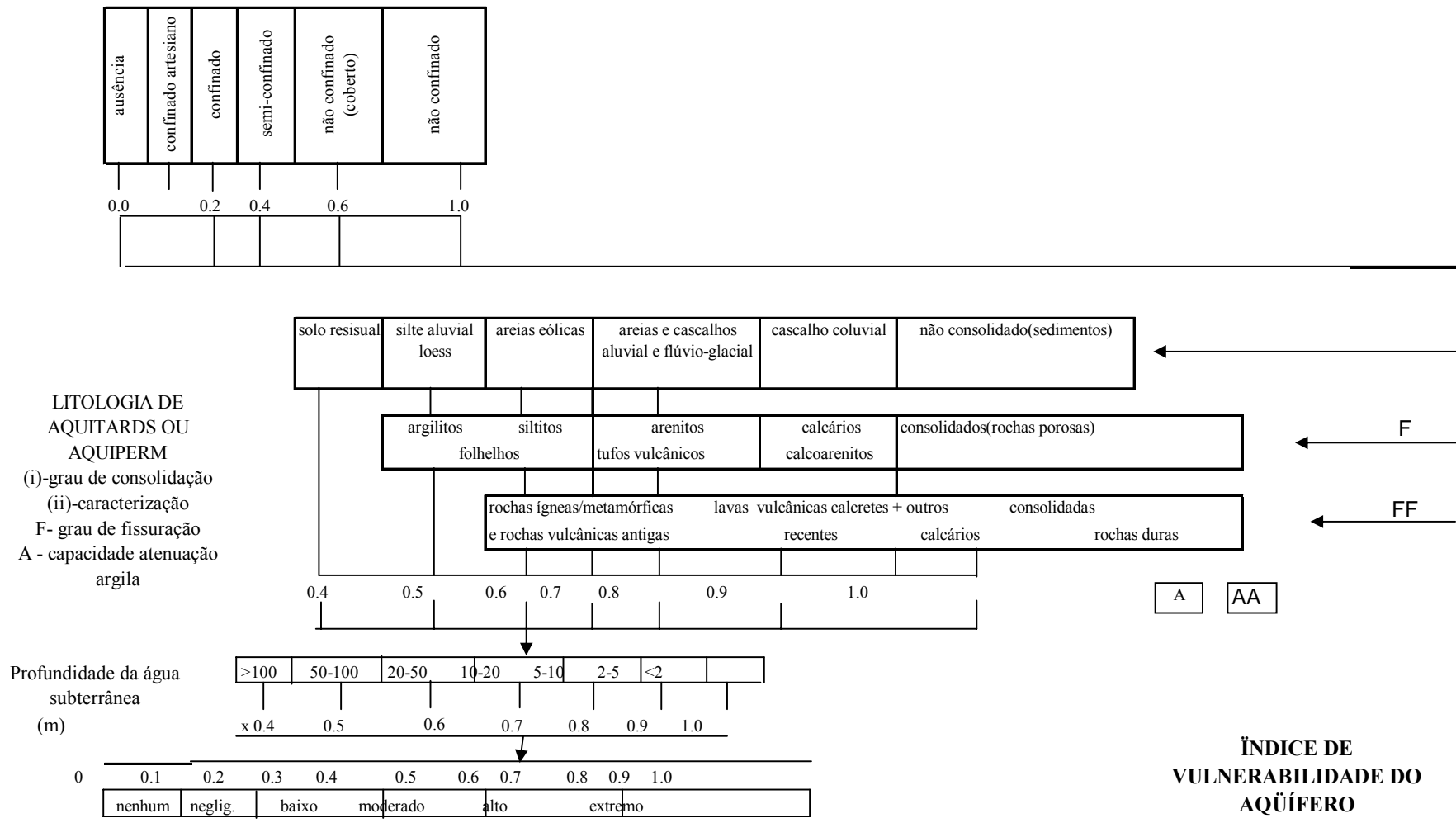
Parâmetro D	Índice
> 100 m	0,4
50 – 100 m	0,5
20 – 50 m	0,6
10 – 20 m	0,7
5 – 10 m	0,8
2 – 5 m	0,9
< 2 m	1,0

d) Cálculo do Índice GOD – Classe de Vulnerabilidade

Índice GOD	Classes de Vulnerabilidade
0,7 – 1,0	Extrema
0,5 – 0,7	Alta
0,3 – 0,5	Moderada
0,1 – 0,3	Baixa
0,0 – 0,1	Desprezível

O valor máximo (1) do índice representa a máxima vulnerabilidade. O valor mínimo é de 0,016 quando existir um aquífero, ou de 0 quando não existir.

Na Figura 36 a seguir, é mostrado o diagrama de FOSTER & HIRATA com toda a metodologia GOD.



FONTE: FOSTER ET Alii (1988)

Figura 36 – Esquema para avaliação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos.

Metodologia na aplicação dos Parâmetros GOD para a Bacia do Rio do Peixe:

1. Aquífero Aluvionar (Qal)

- ✓ - Área de ocorrência de aluviões (Qal)

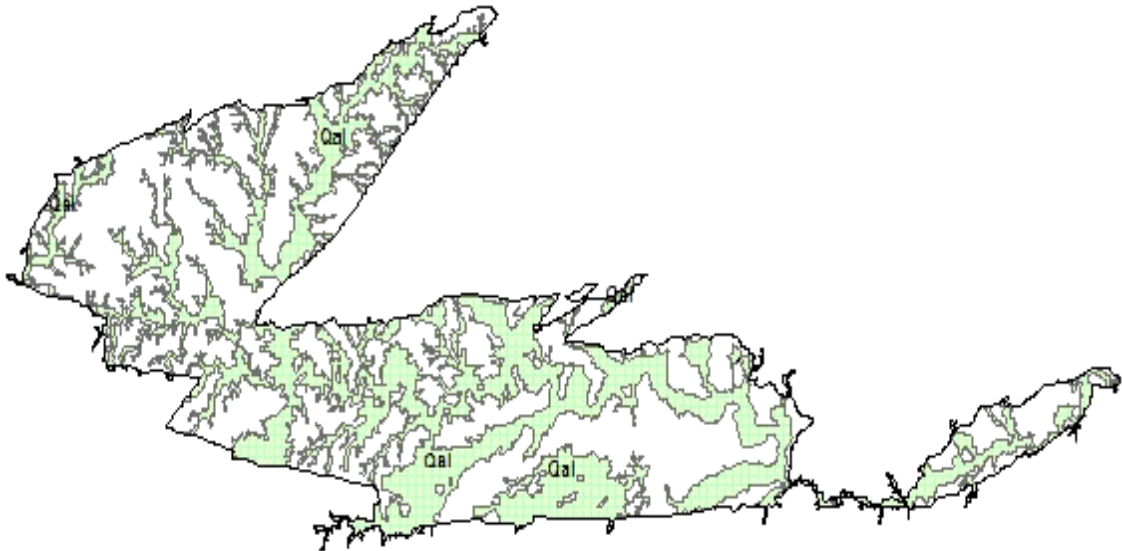


Figura 37 – Área de ocorrência das Aluviões. Índice $G=1,00$

a) Índice $G = 1,0$ - Tipo de Aquífero Livre.

Observação: Considerou-se apenas o *aquífero livre* Antenor Navarro, onde o mesmo aflora em superfície.

b) Índice $O = 0,8$ - Tipo de litologia

Representam solos correspondentes as aluviões que em geral, na área de ocorrência na bacia do rio Peixe, possuem baixo potencial de escoamento direto e elevadas intensidades de infiltração, mesmo quando completamente umedecidos. São solos arenosos profundos a pouco profundos, contendo pouco silte e argila. Possuem uma elevada transmissividade, constituindo aquíferos livres.

c) Índice $D= 0,9$ - Profundidade do Nível Estático ou do Topo do Aquífero

Observação: Considerou-se o valor médio da profundidade do nível estático medido nos poços tubulares monitorados na etapa de campo do mês de fevereiro de 2007, que correspondeu a 4,1 metros.

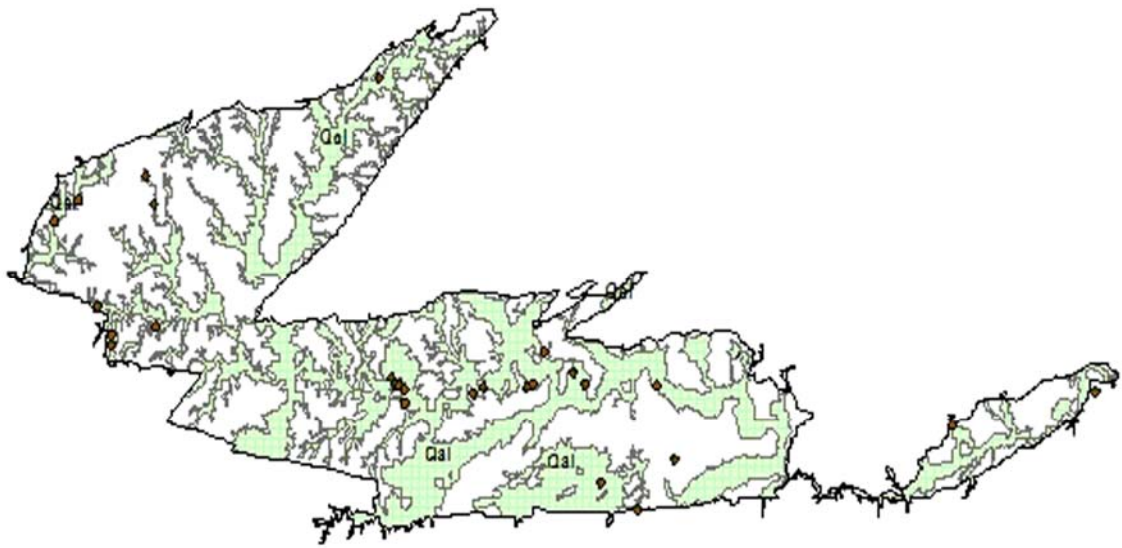


Figura 38 – Poços amazonas monitorados em todas as etapas de campo

d) Índice GOD para o aquífero aluvionar – 0,72 (Vulnerabilidade Alta a Extrema).

2) Aquífero rio Piranhas (Krp)

- ✓ - Área de ocorrência do Aquífero rio Piranhas

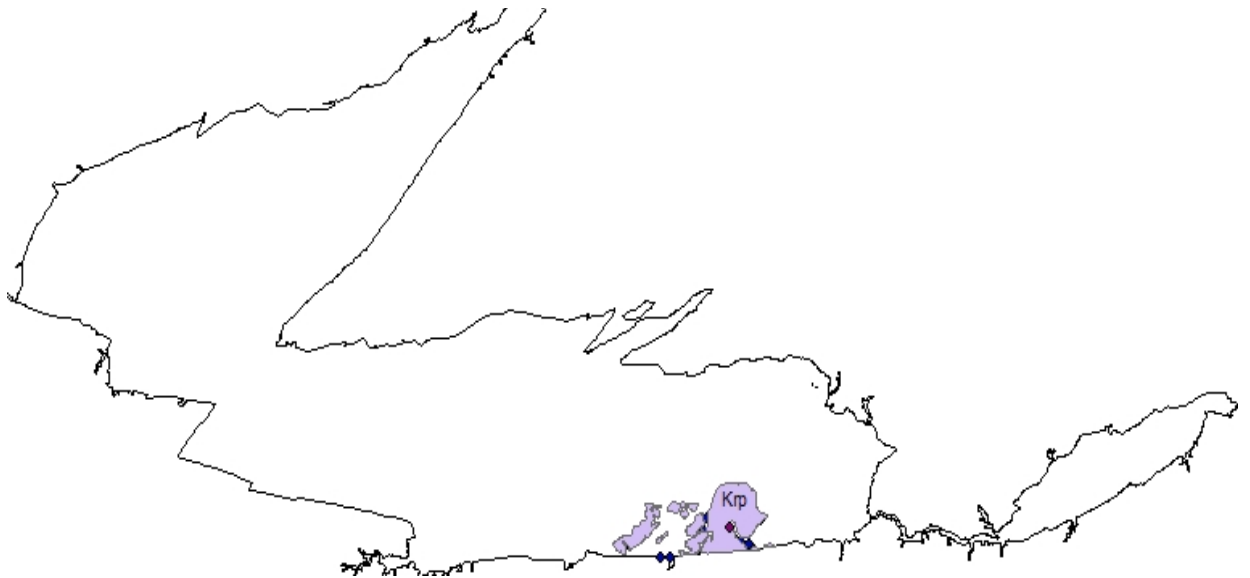


Figura 39. – Área de ocorrência do Aquífero Rio Piranhas e distribuição dos poços.

a) **Índice G = 1,0** - Tipo de Aquífero - Livre

b) **Índice O = 0,7** - Tipo de litologia

Correspondem predominantemente a arenitos grosseiros a conglomeráticos, feldspáticos e líticos, mal selecionados, com coloração cinza claro a marrom avermelhado, possuindo intercalações de arenitos médios a finos e siltitos.

c) **Índice D= 0,9** - Profundidade do Nível Estático ou do Topo do Aquífero

Nesse caso, considerou-se o valor médio da profundidade do nível estático medido nos poços tubulares monitorados na etapa de campo do mês de maio de 2006, que correspondeu a 3,42 metros.

d) **Índice GOD para o aquífero Rio Piranhas – 0,63 (Vulnerabilidade Alta).**

3) Aquífero Sousa (Ks)

✓ - Área de ocorrência do Aquífero Sousa

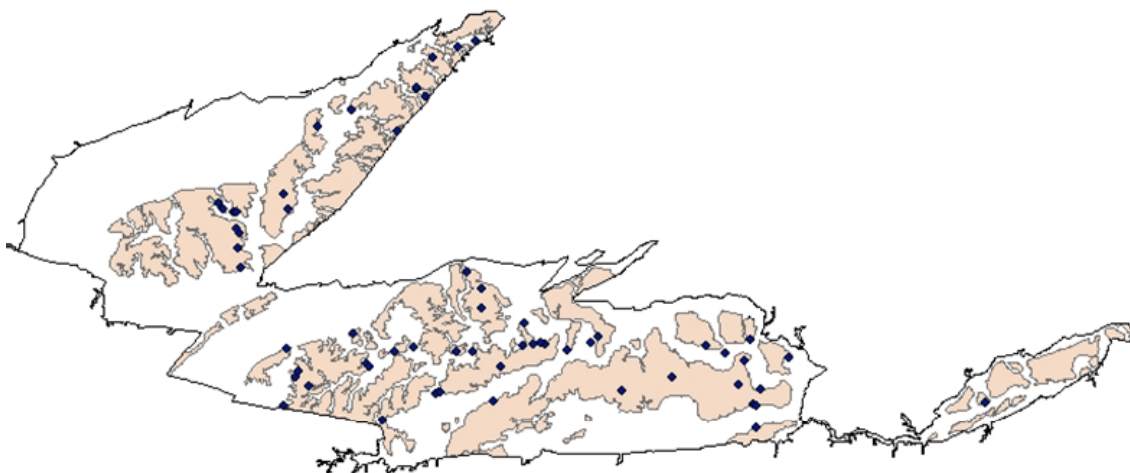


Figura 40 – Área de ocorrência do Aquífero Sousa e distribuição dos poços monitorados.

a) Índice G = 0,2 - Tipo de Aquífero – Confinado.

O aquífero Sousa Superior tem por arcabouço as camadas de arenitos finos a médios, de cores variadas, intercalados, em alternância irregular, nos siltitos e folhelhos micáceos e calcíferos da secção superior da Formação Sousa. Tem por embasamento impermeável os sedimentos da Formação Sousa Inferior e por limite superior os siltitos e folhelhos, micáceos e calcíferos, do próprio membro superior.

Trata-se, portanto, de um aquífero do tipo confinado, heterogêneo e anisotrópico, que parece ter sido o objeto das captações até aqui encetadas. Sua espessura confunde-se com a espessura de toda a secção superior da Formação Sousa, embora a produção d'água, em quantidades significativas, esteja restrita aos níveis areníticos do membro.

b) Índice O = 0,7 - Tipo de litologia

Arenitos intercalados nos folhelho e siltitos da formação Sousa superior.

c) Índice D= 0,8 Profundidade do Nível Estático ou do Topo do Aquífero

Foi considerado o valor médio da profundidade do nível estático medido nos poços tubulares monitorados na etapa de campo do mês de fevereiro de 2007, que correspondeu a 6,98 metros.

d) Índice GOD para o aquífero Sousa – 0,11 (Vulnerabilidade Baixa).

4) Aquífero Antenor Navarro (Kan)

- Área de ocorrência do Aquífero Antenor Navarro - Livre



Figura 41 – Área de ocorrência do Aquífero Antenor Navarro –quando Livre - e distribuição dos poços monitorados

a) **Índice G = 1,0** - Tipo de Aquífero Livre ou Confinado.

Observação: Considerou-se apenas o *aquífero livre* Antenor Navarro, onde o mesmo aflora em superfície.

b) **Índice O = 0,7** - Tipo de litologia

Está representada predominantemente por arenitos grossos a conglomeráticos (imatuross), de coloração variando de creme a avermelhados, contendo níveis de conglomerados e de arenitos médios a finos.

c) **Índice D= 0,7** - Profundidade do Nível Estático ou do Topo do Aquífero

Observação: Considerou-se o valor médio da profundidade do nível estático medido nos poços tubulares monitorados na etapa de campo do mês de novembro de 2007, que correspondeu a 10,27 metros.

d) **Índice GOD para o aquífero Antenor Navarro - 0,49 (Vulnerabilidade Moderada).**

As unidades geológicas foram assim classificadas (Figura 42) em relação ao seu índice de vulnerabilidade conforme a metodologia acima adotada:

- ✓ Vulnerabilidade Alta a Extrema - Compreendem as areias aluviais (Qal).
- ✓ Vulnerabilidade Moderada – Compreende a área de ocorrência do aquífero Antenor Navarro quando livre.
- ✓ Vulnerabilidade Alta - Compreende a área de ocorrência do aquífero Rio Piranhas.
- ✓ Vulnerabilidade Baixa - Compreende a área de ocorrência da formação Sousa Superior.

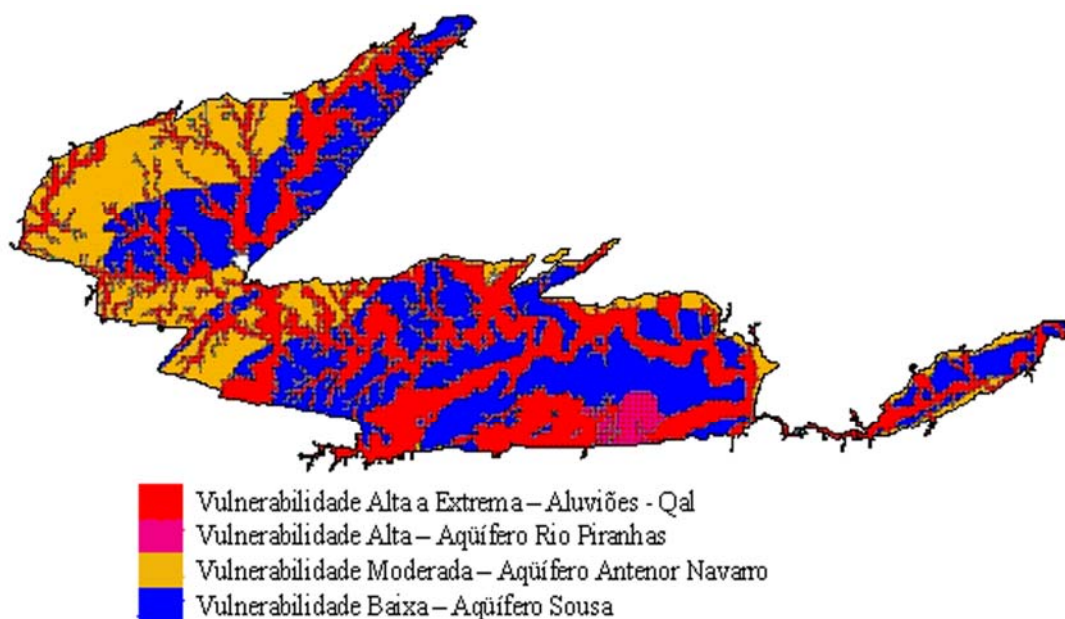


Figura 42 – Classificação da Bacia do Rio do Peixe em relação ao seu grau de vulnerabilidade.

3.2 - Caracterização e mapeamento das fontes potenciais de poluição

Potencialidade de risco de contaminação dos aquíferos

A metodologia utilizada para definição da potencialidade de risco de contaminação dos aquíferos, também baseada em Foster & Hirata (1987), consistiu na interação entre a vulnerabilidade natural dos aquíferos e da caracterização das cargas contaminantes identificadas na região da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

Ao nível de reconhecimento e com base nos dados disponíveis foram cadastradas as principais atividades potencialmente geradoras de contaminantes, tais como, lixões, indústrias, postos de gasolina, cemitérios, observadas as condições de saneamento básico e de agricultura irrigada existentes na região, associando-as, quando possível, a classe do contaminante, o tipo de solo, e proximidade de cursos d'água superficiais e de captações de água subterrânea, etc.

A seguir apresentam-se as principais características das principais fontes poluidoras, dispersas ou pontuais, cadastradas na região em estudo.

Fontes dispersas

a) Sistema de Saneamento Básico

Os principais contaminantes envolvidos em áreas sem esgotamento sanitário adequado são os nutrientes e sais (nitrato e cloro) as bactérias patogênicas e os compostos orgânicos solúveis.

A situação das instalações sanitárias existentes nas áreas urbanas e rurais municipais está discriminada na Tabela 14.

Estes dados são oriundos do Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB do Ministério de Saúde e gerados a partir do trabalho das equipes de Saúde da Família (ESF) e Agentes comunitários de Saúde (ACS) que atuam em praticamente todas as áreas dos municípios que cobrem a Bacia do Sedimentar do Rio do Peixe.

Os principais sistemas de saneamento estão relacionados ao destino dado às fezes e urina por domicílio cadastrado e se referem a sistemas de esgoto (rede geral pública), fossa (qualquer tipo de fossa) e lançamento a céu aberto (no quintal na rua, em um riacho, etc).

Observa-se (Figura 43) que predomina nas zonas urbanas o sistema de esgoto público (90%), seguido de fossa e céu aberto enquanto na zona rural esta ordem, como é de se esperar, se inverte, ou seja, predomínio de sistema a céu aberto (50%), fossa e rede pública (10%).

Tabela 14 – Situação de Saneamento em maio/2007 – Número de instalações nos municípios da Bacia do Rio do Peixe

Município	Pp.Est	Área (km ²)	Sist. Esgoto. Público			Sistema Fossa			Esgoto Céu Aberto		
			Urb	Rur	Tot	Urb	Rur	Tot	Urb	Rur	Tot
Aparecida	7254	222,7	19	05	24	595	334	929	253	673	926
Marizópolis	5415	64	73	0	73	1309	0	1309	268	0	268
Poço J. Moura	3086	98	398	0	398	130	0	130	701	0	701
Pombal	33212	889	3758	01	3759	2646	191	2837	1154	134	1288
Santa Helena	6202	210	21	45	66	580	655	1235	113	383	496
São Domingos	2138	169	104	0	104	212	0	212	431	0	431
São J. R. Peixe	17838	474	1103	25	1128	377	669	1046	404	1691	2095
Sousa	63622	842	11652	534	12186	1580	1602	3182	1934	1630	3564
Triunfo	9537	223	236	05	241	821	277	1098	202	883	1085
Uiraúma	13271	295	332	1257	1589	265	850	1115	31	903	934
Total	161575	3493	17592	1872	19568	8515	4578	13093	5491	6297	12422

Fontes: Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB – Ministério da Saúde
IBGE – Censo 2006 (Previsão).

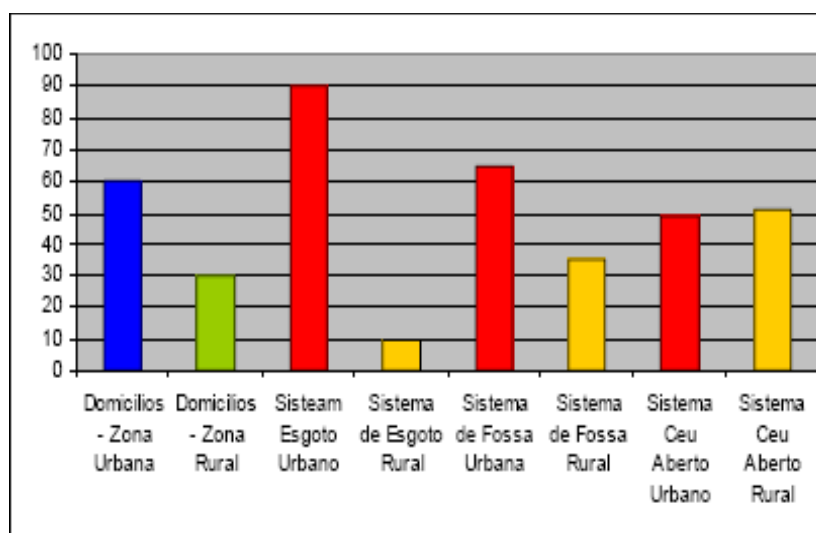


Figura 43 – Distribuição percentual dos tipos de saneamento pelas zonas urbanas e rurais

A metodologia adotada por Foster & Hirata (1987) para definir o grau de risco de contaminação por influência das condições de saneamento de uma região se baseia (Tabela 15) na sua densidade populacional (habitantes/km²) e no percentual de sistema de esgoto implantado nestas áreas.

Tabela 15 – Indicadores para avaliação de risco de contaminação segundo as condições sanitárias

Densidade de população Hab/km ²	Sistema de Esgoto implantado		
	Alta (> 75%)	Média (25 - 75%)	Mínima (<25%)
Baixa (< 100)	Baixa	Moderada	Moderada
Média (100 - 200)	Moderada	Moderada	Alta
Alta (> 200)	Moderada	Alta	Alta

Fonte: Foster e Hirata (1987)

Com base nesta metodologia e conforme os dados coletados na região, exibidos na Tabela 16, abaixo indicada constata-se que:

Tabela 16 – Percentual dos Sistemas de Saneamento (por densidade populacional, domicílios e tipos) existentes nos municípios da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe em maio de 2007

Município	Dens.	%Domic. Urb	%Sist. Esgoto. Público		%Sistema Fossa		%Esgoto Céu Aberto	
	Hb/ha		Urb	Rur	Urb	Rur	Urb	Rur
Aparecida	26,46	46	79	21	64	36	28	72
Marizópolis	84,00	100	100	0	100	0	100	0
Poço J. Moura	31,50	100	100	0	100	0	100	0
Pombal	37,40	89	100	0	93	7	89	11
Santa Helena	29,50	40	32	68	47	53	23	77
São Domingos	12,60	100	100	0	100	0	100	0
São J. R. Peixe	37,60	44	98	2	36	64	19	81
Sousa	75,60	80	96	4	49	51	54	46
Triunfo	42,80	52	98	2	75	25	19	81
Uiraúna	45,00	18	21	79	24	76	04	96
Total	42,24	60	90	10	65	35	49	51

Fonte: Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB – Ministério da Saúde

. Os municípios da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe possuem baixa densidade populacional (<100 hab/km²) considerando-se as áreas urbanas e rurais;

. Excetuando-se as sedes municipais de Santa Helena e Uiraúna, todas as outras possuem sistema de esgoto público implantado em praticamente todos os domicílios inventariados, tendo baixo risco de contaminação por esgotamento sanitário utilizando-se a rede pública;

. As sedes municipais de Aparecida, Santa Helena, Sousa e São João do Rio do Peixe, apresentam ainda problemas de esgotamento a céu aberto, com os rios Piranhas e Rio do

Peixe, funcionando como receptores de esgotos sanitários e apresentando também deficiências no número de fossas implantadas por domicílios. Estas áreas, portanto, também possuem moderado risco de contaminação;

b) Serviços diversos

Postos de Combustíveis

Compreendem atividades diversas como postos de gasolina, oficinas de automóveis, lavanderias, hospitais, etc. Os principais contaminantes produzidos são os compostos tóxicos sintéticos e orgânicos, representados em grande parte por cloro/benzenos.

Estas atividades estão preferencialmente desenvolvidas nas áreas urbanas e em alguns pontos isolados na região.

Na Tabela 17 estão representados, dentre estes serviços, os postos de gasolina cadastrados na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e que constituem uma fonte potencial para contaminação dos aquíferos mais superficiais. Na Figura 44 a distribuição geográfica dos postos de combustíveis e os poços tubulares localizados em suas proximidades.

Tabela 17 - Postos de combustíveis cadastrados na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe

N.ponto	UTM(N)	UTM(E)	Município	Nome Fantasia	Litologia	Localidade	Obs. Pontos d'água mais próximos
P37	9272363	545166	Triunfo	Mangueira	Aluvião-A.Navarro	Periferia	P195) - (500m)
P68A	9256449	560857	São João do Rio do Peixe	Texaco	Aluvião-A.Navarro	Sede	DW815(400m)
P68B	9255897	560984	São João do Rio do Peixe	BR-PETROBRAS	Aluvião-A.Navarro	Sede	DW815(800m)
P68C	9254998	561346	São João do Rio do Peixe	TANTAN	Aluvião-Sousa	Sede	DW886 e DW952(500m)
P99	9278704	564680	Uiraúna	SAT	Arenitos-A.Navarro	Sede	P245 - (1km)
P99A	9279430	565660	Uiraúna	BR-PETROBRAS	Arenitos-A.Navarro	Sede	DW667 e DW689(200m)
P101	9253340	584047	Sousa	PETROVIA	Aluvião-Sousa	Sede	P82(1km)
P102	9253791	583821	Sousa	TEXACO	Aluvião-Sousa	Periferia	P227(1km)
P102A	9243401	571608	Marizópolis	ELLO	Cristalino	Sede	CH040(1,5km)
P102B	9250330	580630	BR-230	Texaco	Aluvião-Sousa	Massape	P228(100m)
P107A	9265148	532518	Umari-CE	ELLO	Coberl.cristalino	Sede	P223(1km)

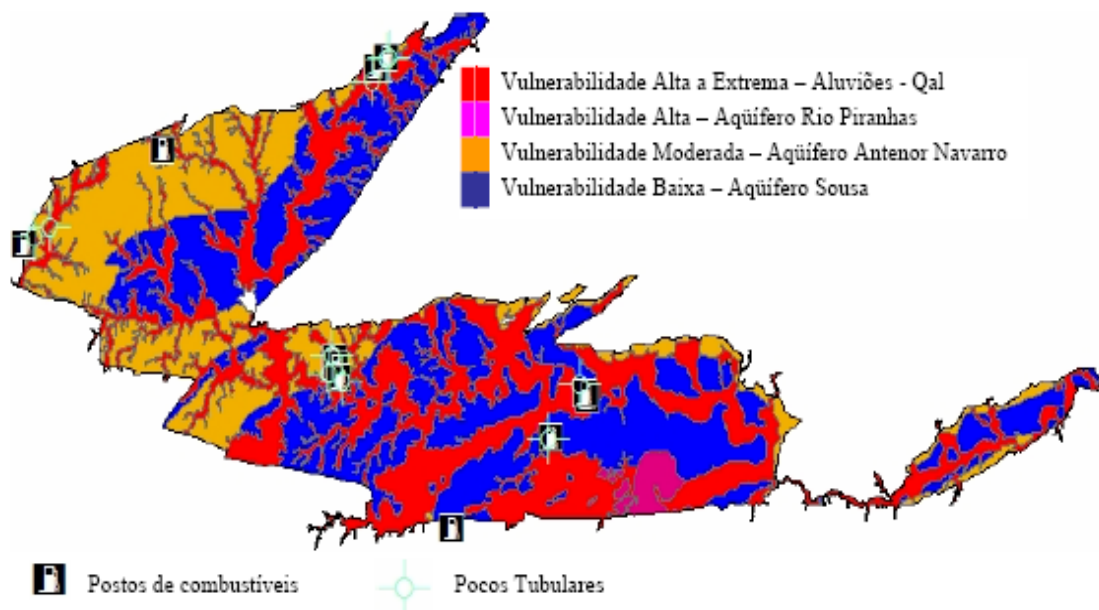


Figura 44 – Distribuição geográfica dos postos de combustíveis e poços tubulares localizados em suas proximidades

Atividades agrícolas

A agricultura irrigada constitui uma das principais atividades geradoras de contaminantes, principalmente quando associada ao uso de fertilizantes e praguicidas, que podem causar contaminação das águas subterrâneas por nitratos e outros íons móveis.

Na região da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, estão implantados diversos projetos de irrigação (Tabela 18) dos quais se destacam quatro grandes perímetros irrigados: Várzeas de Sousa – em implantação - (Fotos 1 e 2), São Gonçalo (Foto 3), Pilões (Fotos 4 e 5) e Lagoa do Arroz (Foto 6). O primeiro gerido pelo Governo do Estado da Paraíba em convênio com o Ministério de Integração Nacional e os três últimos pelo DNOCS.

Tabela 18 - Principais perímetros irrigados e pequenos projetos de irrigação localizados na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

N. Ponto	Nome do Projeto (irrigação/acudagem)	UTM_N	UTM_E	Municípios Beneficiados	Área (ha)	Uso das Águas
PSG	Proj. São Gonçalo	9243500	575750	Sousa	3045	Irrig./pisc./turismo
PLA	Proj. Lagoa do Arroz	9248330	548250	Cajazeiras, Santa Helena, Sousa	1228	Irrig./pisc./perenização.
PPPI	Proj. Pilões	9260000	553380	São J. Rio Peixe	484	Irrig./pisc./turismo
PVS	Proj. Várzeas de Sousa	9246971	597194	Sousa/Aparecida	5100	Irrig./gravid/aspersão
P147	Inigação (Feijão)	9253918	582800	Sousa	-	Irrig./gravid/aspersão
149	Inigação (Feijão)	9254254	582349	Sousa	-	Irrig./gravid/aspersão
P169	Inigação (Arroz)	9255562	563053	São J. Rio Peixe	-	Irrig./gravid/aspersão
P183	Inigação (Arroz)	9245906	584671	Sousa	-	Irrig./gravid/aspersão
P186	Inigação (Arroz, coco)	9246795	582615	Sousa	-	Irrig./gravid/aspersão



Foto 1 – Vista da tomada d’água do Projeto Várzeas de Sousa a partir do Açude Coremas.



Foto 2 – Vista da Barragem de Compensação. Projeto Várzeas de Sousa

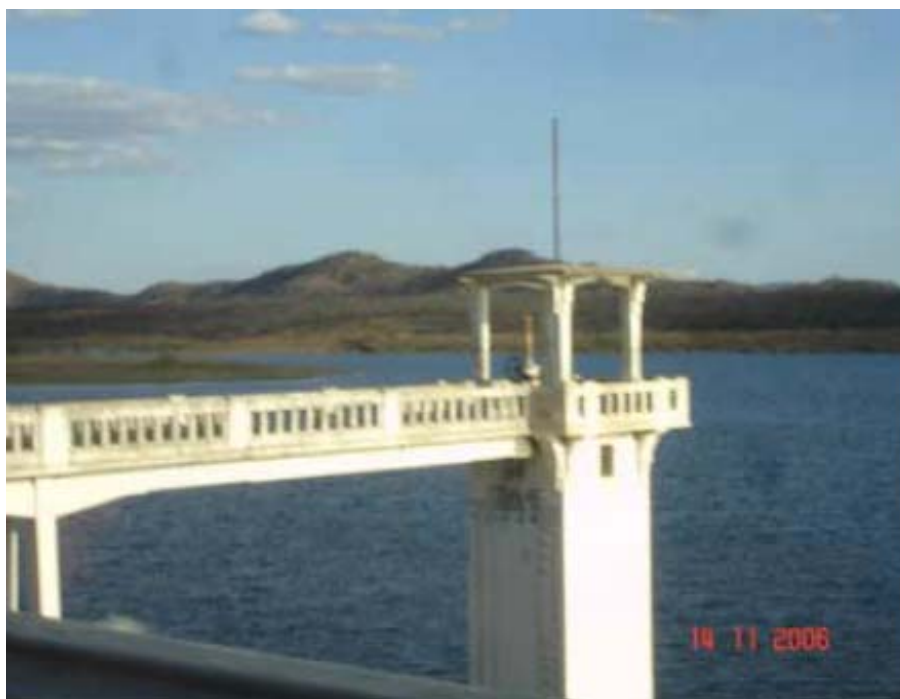


Foto 3 – Vista do Açude São Gonçalo que abastece o projeto de irrigação do mesmo nome administrado pelo DNOCS



Foto 4 – Vista do Açude Pilões, localizado no município de Triunfo.



Foto 5 – Vista do reservatório do Açude Pilões. A jusante observa-se o cultivo de arroz irrigado por estas águas.



Foto 6 – Plantação de arroz, localizada próxima a São João do Rio do Peixe, cultivada nas aluviões do Rio do Peixe.

Estas áreas irrigadas estão distribuídas tanto em regiões consideradas como de elevada vulnerabilidade - próximas ou ao longo dos aluviões dos rios Piranhas e do Peixe, como também de baixa e moderada vulnerabilidade (Figura 45).

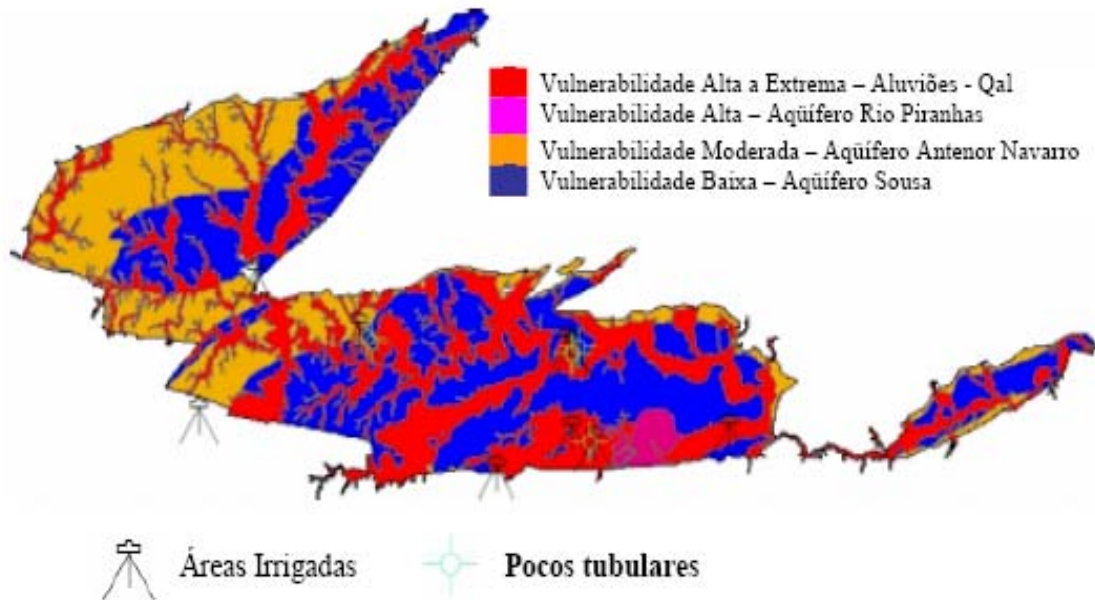


Figura 45 – Distribuição geográfica das áreas irrigadas e poços tubulares em suas proximidades.

b) Fontes pontuais

Atividades industriais

Uma das principais atividades que contribui para a alteração do meio ambiente são as indústrias - tanto por efeitos diretos (geração de poluentes e exploração dos recursos naturais) como pelos indiretos - atração de outras indústrias com o conseqüente aumento populacional.

A atividade industrial na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe ainda é muito incipiente. Apenas nos maiores centros urbanos como Sousa e São João do rio Peixe ela é um pouco mais desenvolvida, no entanto com a existência de pequenas indústrias em geral de beneficiamento de algodão, extração de óleo vegetal, torrefação e moagem de café, saboarias, cerâmicas e indústrias de alimentos.

Na área rural de Sousa está implantado o Distrito Industrial do município, porém com poucas indústrias ali instaladas. Na Tabela 19 estão listadas as principais indústrias cadastradas na região e na Figura 46 a distribuição geográfica das mesmas, e os poços tubulares localizados em suas proximidades.

Tabela 19 - Principais industrias localizados na Bacia do Rio do Peixe

N. PONTO	UTM N	UTM E	TIPOLOGIA	MUNICIPIO	PROPRIETARIO	LITOL./AQUIFERO	LOCALIZACA	POCOS PROX
P38	9259092	580188	Saboaria	Sousa	Lavatudo	Aluvião-Sousa	Fazenda Abóbora	DV095 - (200m)
P63	9250043	573792	Jazida de argila	Marizópolis	-	Aluvião-Sousa	Riacho dos Silvas	D049 e DV070(1km)
P66	9253456	585394	Algodoeira	Sousa	Raimundo Gadelha	Aluvião-Sousa	Sede	P82 (2,5km)
P67	9253237	585353	Algodoeira	Sousa	Sr.Oliveira	Aluvião	Sede	P82 (2,5km)
P68	9250124	579760	Distrito Industrial	Sousa	-	Aluvião-Sousa	Periferia	P228(700m) - Diversas Industrias
P103	9254171	583611	Saboaria	Sousa	Novo Brilho	Aluvião-Sousa	Periferia	P227(500m)
P103A	9250610	583321	Saboaria	Sousa	Saboana Novo Reino	Aluvião-Sousa	Periferia	P82 e P184(2,5km)
P104	9256638	578883	Cerâmica ICEL	Sousa	Ceramica ICEL	Aluvião-Sousa	Passagem de Pedra	DV686(800m)
P104A	9249818	600175	Cerâmica	Aparecida	Queimadas	Cobert.Sousa	Sítio Queimadas	CG954 e CG943(500m)
P108	9278337	564478	Fabrica	Uiraúna	UNAMILHO	Arenitos-A.Navarro	Periferia	DW6672 P245(1,5km)
P143	9253603	583453	Fabrica	Sousa	Sorvetes Marini	Cobert-Sousa	Periferia	P146,P148 e P227(1km)

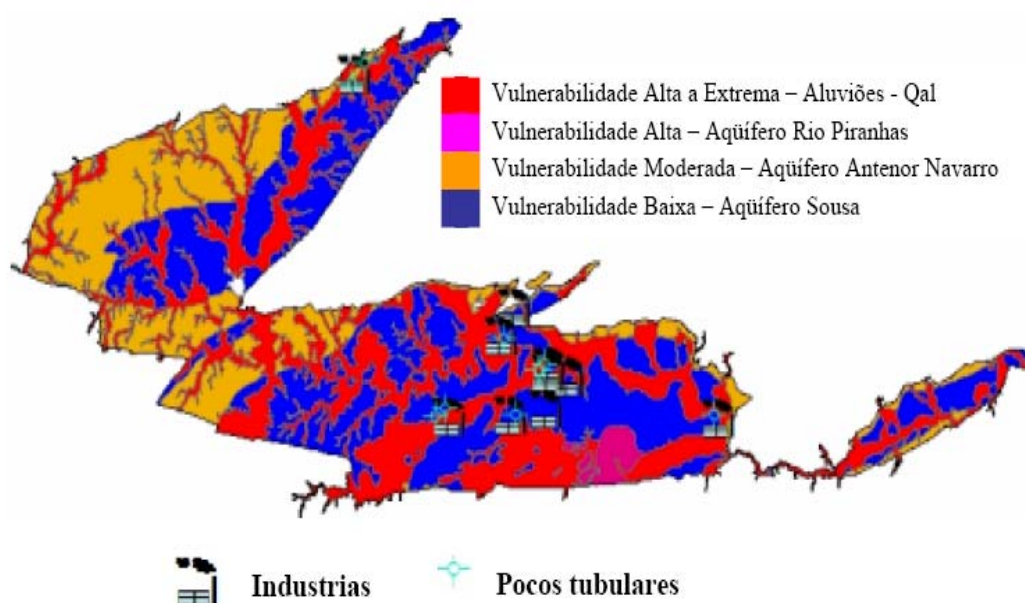


Figura 46 – Distribuição geográfica das principais indústrias cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e dos poços tubulares localizados em suas proximidades

Resíduos sólidos urbanos

São considerados como resíduos sólidos urbanos aqueles de origem domiciliar, público ou comercial, não estando neles incluídos os oriundos das atividades industriais e hospitalares.

As disposições no solo destes resíduos são usualmente encarados como elementos poluidores e passam a serem considerados parte integrante do ecossistema representando um grave problema de saúde pública.

Nenhum dos municípios da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe possui aterros sanitários e estações de compostagem e triagem, sendo todo o destino final do lixo coletado enviado para vazadouros a céu aberto, os denominados lixões (Tabela 20).

O município que apresenta maiores problemas relacionados a disposição destes resíduos é o de Sousa, no qual os principais lixões estão localizados próximos a sua sede, sendo também lançados no leito do Rio do Peixe, que corta a cidade.

Tabela 20 – Localização dos principais lixões cadastrados na Bacia do Rio do Peixe

N.ponto	UTM(N)	UTM(E)	Município	Litologia	Localidade	Pontos d'água mais próximos
P13A	0272403	542891	Triunfo	Arenitos-A.Navarro	Centro-periferia	CM481 e CM482 - (500m)
P25	0257733	558304	São João do Rio do Peixe	Cobert.-Cristalino?	Periferia	DV980, DV981 e DV989 - (1km)
P44	0248137	615730	São Domingos do Pomal	Cristalino	Sítio Umari	CH077(200m)
P49	0253567	586988	Sousa	Aluvião-Sousa	Bairro Gato Preto	P62, DV082 e P198 (2,5km)
P49A	0250470	587524	Sousa	Aluvião-Sousa	Bairro Gato Preto	DV082 e P198 (2,0km)
P49B	0243937	572290	Marizópolis	Cristalino	Sede	DV040(1km)
P64	0248518	578077	Sousa	Aluvião-Sousa	Periferia	DV072 e DV071(2,5km)
P100	0257761	558281	São João do Rio do Peixe	Cobert.Cristalino	Pe de Serra	P28(3km)
P141	0252708	584480	Sousa	Aluvião-Sousa	Rio do Peixe-periferia	P82(500m)
P144	0253860	583405	Sousa	Aluvião-Sousa	Periferia	P148,P149 e P227(1km)
P167	0257800	583172	Sousa	Arenitos-A.Navarro	Abencao de Deus	CH481(800m)
P187	0245948	581803	Sousa	Aluvião-Sousa	Núcleo III	P188(1,5km)
P189	0244190	581259	Sousa	Aluvião-Cristalino	Núcleo II	P188(1,0km)

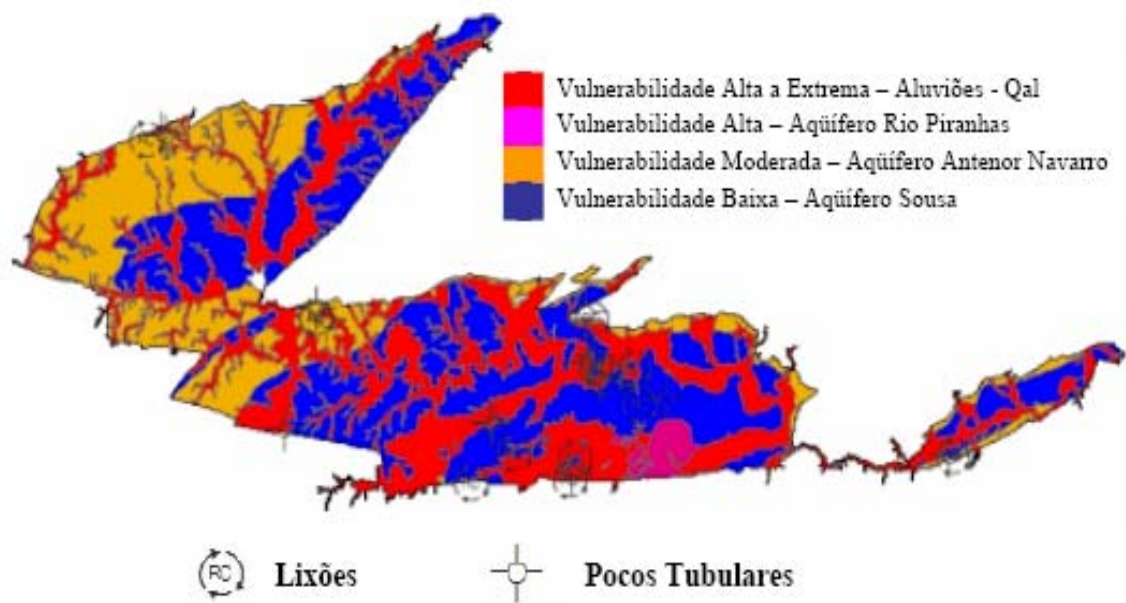


Figura 47 – Localização dos principais lixões e dos poços tubulares localizados em suas proximidades.



Foto 9 – Vista do Lixão localizado no Sítio Cadeado, próximo à cidade de Sousa.



Foto 8 – Vista do Lixão localizado no Sítio Cadeado, próximo a cidade de Sousa. Observa-se a presença dos catadores



Foto 9 – Lixão localizado próximo a cidade de São João do Rio do Peixe.

Cemitérios

Os cemitérios também representam uma fonte pontual de possível contaminação da água subterrânea em bactérias patogênicas principalmente naqueles localizados em áreas residenciais. Na Tabela 21 estão listados os cemitérios cadastrados na Bacia do Sedimentar do Rio do Peixe, a litologia local e os pontos d'água situados em suas proximidades, o que também pode ser observado na Figura 48..

Tabela 21 - Distribuição geográfica dos cemitérios cadastrados na área da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

N.ponto	UTM(N)	UTM(E)	Município	Nome	Litol./Aquífero	Localidade	Pontos d'água mais próximos
P13	9272432	543874	Triunfo	-	Arenitos-A.Navarro	Centro-periferia	CM461 e CM462 - (500m)
P24	9278546	564840	Uiraúna	Coração de Jesus e N.S.Conceição	Aluvião-A.Navarro	Centro	P245 - (1km)
P35	9256628	539020	Santa Helena	-	Coberturas-Cristalino	Periferia	CM016,P112 e P112 - (1km)
P40	9253087	628517	Pombal	-	Aluvião	Sítio Ponteiros	CO682 e CO687 - (1km)
P43	9250178	619838	S.Domingos do Pombal	Boa Vista	Arenitos-A.Navarro	Sítio Boa Vista	CH071 e CH058 - (1,5km)
P45	9248138	618817	São Domingos do Pombal	-	Cristalino	Sede	CH016 - (500m)
P45A	9272580	553888	Popo Jose de Moura	Nossa Senhora da Conceição	Aluvião-A.Navarro	Sede	P208 e P210 - (800m)
P45B	9273320	554205	Popo Jose de Moura	São Geraldo	Arenitos-A.Navarro	Sede	P208 e P210 - (800m)
P52	9244008	589818	São João do Rio do Peixe	-	Aluvião-Sousa	Umari de Baixo	DV932(400m)
P59	9256658	580780	São João do Rio do Peixe	-	Aluvião-A.Navarro	Sede	DV815(300m)
P65	9253304	585400	Sousa	São João Batista	Aluvião-Sousa	Sede	P82 (2,5km)
P65A	9243889	572126	Marizópolis	Santo Antonio	Cristalino	Sede	CH040(1,2km)

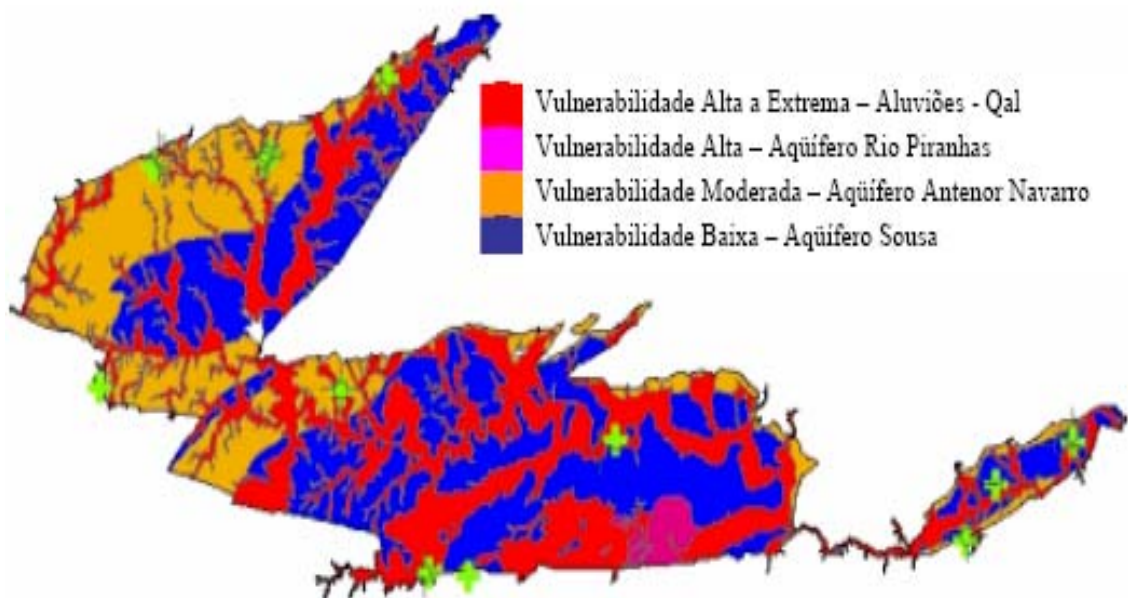


Figura 48 – Distribuição geográfica dos cemitérios cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe e dos poços tubulares localizados em suas proximidades.

4. Mapeamento dos Riscos de Poluição

Na Figura 49 estão indicadas todas as fontes potenciais de poluição cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, enquanto na Figura 2.3.5 estão selecionadas as principais áreas com potencial risco de contaminação, quais sejam:

Área A – região ao entorno da cidade de Sousa com risco moderado a alto e área

Área B – região ao entorno da sede do município de São João do Rio do Peixe, também com risco de contaminação de moderado a alto.

Área C - toda a área restante da bacia pode ser considerada como tendo baixo risco de contaminação.

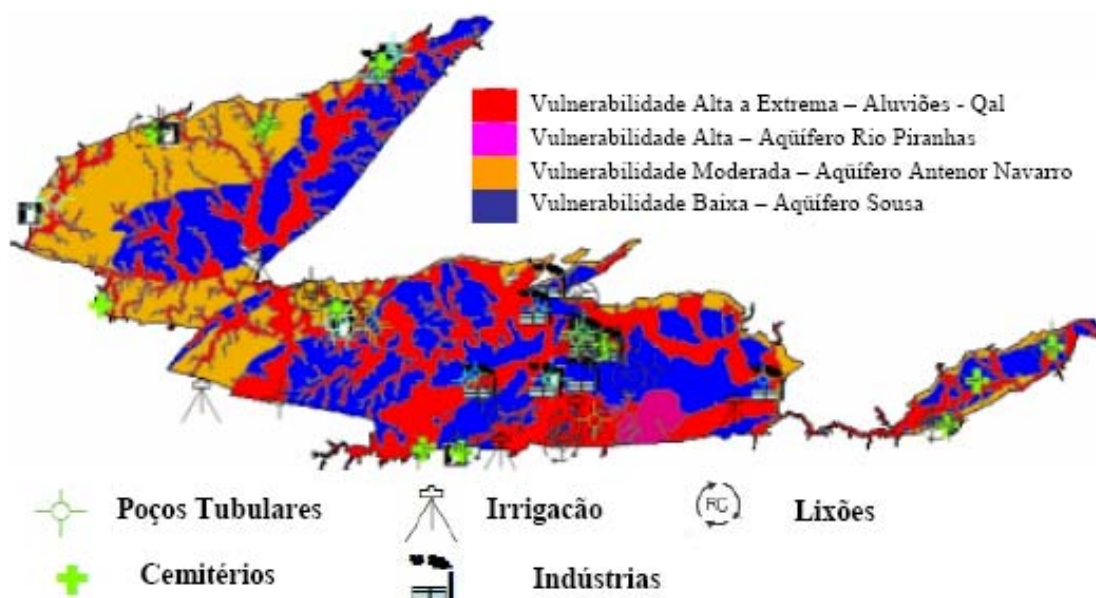


Figura 49 – Localização das fontes potenciais de poluições cadastradas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe

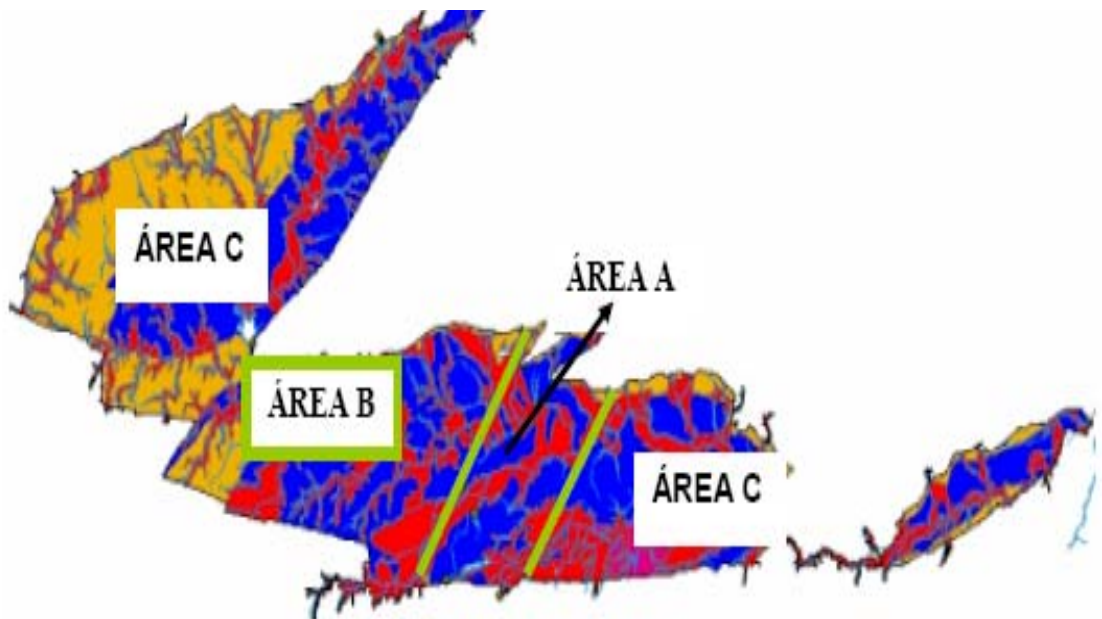


Figura 50 – Risco de contaminação; Áreas A e B – risco moderado a alto, Área C – risco baixo de contaminação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J do P. T. 1986. *O Sistema Aquífero Rio do Peixe*. 4º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Brasília, anais, p.194-207, 1986.

FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. C. 1991. *Determinación del riesgo de contaminación de águas subterrâneas. Una metodologia basada em datos existentes*. Lima: CEPIS, 1991. 81p.

FUNCEME.2007. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: <http://www.funceme.br/>

LIMA FILHO, M.F. 1991. *Evolução Tectono-Sedimentar da Bacia do Rio do Peixe (PB)*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia., Universidade Federal de Pernambuco. 1991.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. Portaria nº 518, Estabelece os procedimentos e responsabilidades.

MOLLE, F.; CADIER, E. 1992. *Manual do pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes*, Recife, SUDENE/ORSTOM/TAPI, 1992.

PINHEIRO, P.M.; MARACAJA, J.R.A.; ARAUJO JUNIOR, R.J.; REGO, J.C., CEBALLOS, B.S.O. 2007. *Qualidade da Água Subterrânea em Estações de Estiagem na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe-PB*. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Ouro Preto. 2007.

ROCHA, D.; AMARAL C. 2006. *Hidrogeologia da Bacia do Rio do Peixe - Geologia da Bacia do Rio do Peixe*. Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Recife-PE, 2006.

SOIL CONSERVATION SERVICE. 1972. *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Dept. of Agriculture, available from U. S. Government Printing Office, Washington D.C.

ANEXOS

ANEXO 1
CADASTRO DE PROÇOS

DU994	Poço Tubular	9258167	574878	?	232,90	Sousa	Várzea da Jurema	Associação Comunitária	2000	Lain	?	PVCGE06	0,5	Bomba submersa	Projeto Cooperar
CH645	Poço Tubular	9258857	573033	?	241,50	Sousa	Baixinha do Catolé	Jose Sabino Neto	1998	?	52(Inf.)	PVC6	0,5	-	Não Instalado
CH646	Poço Tubular	9258682	572964	?	240,40	Sousa	Baixinha do Catolé	Jose Sabino Neto	1998	?	50(Inf.)	PVC6	0,5	Bomba mergulhão	-
DU972	Poço Tubular	9260077	571623	?	252,00	Sousa	Católe de Piedade	João Alves de Sousa	2002	Prefeitura	35(Inf.)	PVC6	0,4	Bomba submersa	-
DU980	Poço Tubular	9260136	571147	?	253,80	São João do Rio do Peixe	Católe de Piedade	João Abrálio	1998	Rolinha	50(Inf.)	PVC6	0,4	Bomba submersa	-
CD104	Poço Tubular	9260084	574466	?	237,90	Sousa	Marambela	Antonio Alves Bezerra	1998	?	?	PVC6	0,6	Bomba submersa	Projeto Cooperar
DV641	Poço Tubular	9259367	576100	?	245,30	Sousa	Lagoa das Estrelas	Chico de Lucas	?	?	50(Med.)	TAP6	0,6	-	Não Instalado
P20	Poço Tubular	9259438	576113	?	241,60	Sousa	Lagoa das Estrelas	Chico de Lucas	?	?	51(Inf.)	PVC6	0,4	Bomba mergulhão	Perfil Biológico
CH662	Poço Tubular	9260461	578058	?	241,60	Sousa	Sítio Picadas	Antonio Lopes	1997	DNOCS	?	PVC6	0,4	Bomba Centrífuga	-
CH663	Poço Tubular	9260419	578212	?	241,60	Sousa	Sítio Picadas	Antonio Lopes	2001	?	50(Inf.)3,85m	PVC6	1,5	Obstruído-3,85m	Obstruído - 3,8m
CD480	Poço Tubular	9276196	567210	301,3	298,10	Uirama	Bajari	Francisco Rodrigues	1999	?	32(med.)	PVC6	0,5	Paralisado	Não instalado
CD479	Poço Tubular	9276042	567177	?	298,10	Uirama	Bajari	Paulo César	2002	?	?	TAP6	0,1	Abandonado	-
CD474	Poço Tubular	9276706	569042	?	313,30	Uirama	Sítio Moca Branca	Jose Henrique	?	?	?	TAP6	0,6	Catavento	-
CD017	Poço Tubular	9277323	566459	?	303,30	Uirama	Curupaty	Antonio Jurandir	1990	?	50(Inf.)	TAP6	0,2	Catavento	-
CD030	Poço Tubular	9278812	568600	304,3	304,50	Uirama	Agreste	Laurentino Nogueira	1996	?	?	PVC6	0,4	-	Não instalado
CD031	Poço Tubular	9278821	568437	303,9	303,90	Uirama	Agreste	Laurentino Nogueira	?	?	?	PVC6	0,7	Bomba submersa	-
DW667	Poço Tubular	9279394	565667	?	298,30	Uirama	Centro	Banda Obo de Menina	?	?	?	PVC6	0,4	Bomba injetora	-
DW665	Poço Tubular	9278739	564871	?	299,30	Uirama	Centro	Escola Estadual Jose Duarte	2002	?	?	PVC6	0,4	Bomba submersa	-
CD475	Poço Tubular	9277479	569141	?	307,40	Uirama	Moca Branca	Jose Pedro	1979	DNOCS	43(Inf.)	PVCGE06	0,2	Catavento	Perfil (SIAGAS 2269)
DW682	Poço Tubular	9277916	564339	?	295,10	Uirama	Centro	Esc. Estadual A. Figueiredo	1998	?	?	?	?	-	Obstruído
DW991	Poço Tubular	9258569	558231	261,1	260,80	São João do Rio do Peixe	Obo d'água	Renato Duarte Costa Filho	?	?	?	PVC5	0,2	Bomba injetora	-
DW914	Poço Tubular	9250257	556648	?	264,60	São João do Rio do Peixe	Sítio Pereira	Associação Comunitária	?	?	?	TAP6	0,4	Bomba manual	Seco
DW910	Poço Tubular	9250002	556681	?	263,00	São João do Rio do Peixe	Pereira de Cima	Antonio Alves Feitosa	1996	Juscelino	50(Inf.)	PVC6	0,5	Bomba injetora	-
DW909	Poço Tubular	9251399	556748	?	260,00	São João do Rio do Peixe	Pereira de Cima	Santana Isabel Pereira	2000	Prefeitura	23(med.)	PVC6	0,4	Bomba mergulhão	-
DW901	Poço Tubular	9250968	556472	262,1	262,10	São João do Rio do Peixe	Pereira de Cima	Maria de Jesus	2000	?	36(med.)	PVC6	0,6	Sarilho	-
DW889	Poço Tubular	9254204	559291	?	250,00	São João do Rio do Peixe	Pereira de Baixo	Antonio Dutra Sobrinho	2001	?	50(Inf.)	PVC6	0,6	Bomba Centrífuga	-
DW886	Poço Tubular	9255185	560386	?	245,80	São João do Rio do Peixe	Rancho do Jacob	Francisco Vieira Sobrinho	1999	?	27(Inf.)	PVC6	0,3	Bomba injetora	-
P28	Poço Tubular	9248438	555456	261,4	264,50	São João do Rio do Peixe	Sítio Pe de Serra	Geraldo Alcino	1997	?	35(Inf.)	PVC6	0,4	Bomba injetora	-
DV725	Poço Tubular	9248600	553216	264,6	272,50	Santa Helena	Sítio Pe de Serra	Jana Liberato Gonçalves	1987	?	38(Inf.)	PVC6	0,3	Bomba injetora	-
CM833	Poço Tubular	9250726	551618	?	264,70	Santa Helena	Sítio Lagoa de Fora	Antonio Nascimento	1999	?	50(Inf.)	PVC6	0,2	Bomba submersa	-
CM834	Poço Tubular	9250692	551467	?	266,50	Santa Helena	Sítio Lagoa de Fora	Francisco Gonçalves	2002	?	43(Inf.)	PVC6	0,2	-	Paralisado
CM896	Poço Tubular	9251809	550344	?	275,90	Santa Helena	Liberdade(Farmigueiro)	Expedito Abrantes	1998	?	?	PVC6	0,3	Bomba manual	-
CM842	Poço Tubular	9251800	549733	277,8	273,80	Santa Helena	Formigueiro	Gonçalo Pereira	2000	?	50(Inf.)	PVC6	0,3	Bomba submersa	-
CM849	Poço Tubular	9252632	548334	?	273,10	Santa Helena	Formigueiro	Nilton Gonçalves Santana	?	?	?	PVC6	0,4	Catavento	-

ANEXO 2
REDE DE MONITORAMENTO QUALITATIVO

553989	9273119	P208	Triunfo	3000,00		1443,00			7,23	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(21.11.2005)
553872	9273123	CD341	Triunfo	11000,00	1789,00	1526,00		1162,00	6,92	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(21.11.2005)
553685	9272807	P210	Triunfo	9000,00		-	-	-	-	Coberturas	Antenor Navarro	
549833	9273013	CN922	Triunfo	3000,00	1441,00	1467,00		937,00	8,03	Coberturas	Antenor Navarro	Amostra(21.11.2005)
546774	9271203	CN685	Triunfo	4500,00	788,00	563,00	730,00	512,00	8,12	Coberturas	Antenor Navarro	Amostra(21.11.2005)
544208	9273079	CM461	Triunfo	4235,00		1013,00	1130,00		7,27	Coberturas	Antenor Navarro	Amostra(21.11.2005)
544641	9272778	CM462	Triunfo	?	-	-	-	-	-	Coberturas	Antenor Navarro	
544391	9272897	P213	Triunfo	?	-	-	-	-	-	Coberturas	Antenor Navarro	
551761	9254933	CM592	Sousa	2000,00	825,00	794,00	840,00	536,00	7,85	Arenitos	Antenor Navarro	Amostra(22.11.2005)
551703	9254800	CM591	Sousa	2000,00	966,00	874,00		628,00	7,98	Arenitos	Antenor Navarro	Amostra(25.11.2005)
566595	9252549	P215	Sousa	?		797,00			6,93	Aluviões	Aluviões	Irrigacao-coco Amostra(25.11.2005)
565097	9252094	P216	Sousa	?		1720,00			8,52	Aluviões	Sousa	Amostra(25.10.2005)
565232	9253176	P217	Sousa	1200,00		831,00			7,70	Aluviões	Sousa	Amostra(25.11.2005)
572807	9250534	P218	Sousa	?		435,00			8,41	Coberturas	Agua superf.	Amostra(25.10.2005)
574059	9248636	P219	Sousa	?		297,00			7,69	Coberturas	Agua superf.	Amostra(25.11.2005)
573953	9248783	DV072	Sousa	600,00	3560,00			2314,00	-	Aluviões	Sousa	
569252	9249590	DV069	Sousa	7800,00	1058,00	1218,00		688,00	7,52	Aluviões	Sousa	Amostra(25.11.2005)
571325	9244200	DV040	Sousa	4000,00	1025,00	853,00	990,00	666,00	7,07	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(25.11.2005)
571376	9244232	P221	Sousa	?		580,00			8,28	Coberturas	Agua superf.	Amostra(25.10.2005)
533423	9265734	P223	Triunfo	?		-	-	-	-	Aluviões	Antenor Navarro	
534848	9266547	P223A	Triunfo	?		-	-	-	-	Aluviões	Aluviões	Bateria de poços(05) que abastece Uma
537065	9268141	P224	Triunfo	?		440,00	680,00		7,21	Aluviões	Aluviões	Amostra(23.11.2005)
538220	9268992	P225	Triunfo	2400,00		232,00			6,83	Antenor Navarro	Antenor Navarro	Amostra(23.11.2005)
583287	9254496	P227	Sousa	?		-	1250,00	-	-	Aluviões	Sousa	
580466	9250234	P228	Sousa	?		-	-	-	-	Coberturas	Sousa	
592416	9246767	DQ245	Sousa	?	840,00	848,00		546,00	7,66	Arenitos	Rio Piranhas	Amostra(24.11.2005)
592477	9246687	P231	Sousa	?		-	-	-	-	Arenitos	Rio Piranhas	
591325	9247445	DQ081	Sousa	4000,00		-	-	-	-	Arenitos	Rio Piranhas	
591848	9246714	P231A	Sousa	?		3200,00	3200,00		8,98	Arenitos	Agua superf.	Amostra(24.11.2005)
591054	9248140	P233	Sousa	?		826,00	826,00		7,50	Aluviões	Aluviões	Amostra(24.11.2005)
586998	9253185	P233A	Sousa	?		999,00			6,98	Aluviões	Agua superf.	Amostra(01.12.2005)
554201	9262360	DV975	Triunfo	3000,00	1433,00	1433,00	2100,00	931,00	7,81	Aluviões	Sousa	Amostra(01.12.2005)
551373	9259988	CM656	Triunfo	5000,00	436,00	434,00	540,00	283,00	8,11	Arenitos	Antenor Navarro	Amostra(01.12.2005)
567141	9274553	CD002	Triunfo	600,00	1325,00	1603,00	1450,00	861,00	7,94	Coberturas	Sousa	Amostra(02.12.2005)
568024	9275360	CD011	Triunfo	?	1163,00	-		756,00	-	Coberturas	Sousa	Amostra(15.12.2005)
568017	9275423	CD012	Triunfo	?	1578,00	1578,00			8,26	Coberturas	Sousa	Amostra(02.12.2005)
565893	9279477	DW689	Triunfo	1700,00	1225,00			797,00	-	Aluviões	Antenor Navarro	
565080	9280356	P242	Triunfo	?		480,00			8,43	Aluviões	Agua superf.	Amostra(02.12.2005)
558117	9275272	P243	Triunfo	?		5460,00	2830,00		7,64	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(02.12.2005)
562900	9277469	P244	Triunfo	?		2580,00			7,95	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(02.12.2005)
564272	9277590	P245	Triunfo	?		711,00			7,80	Aluviões	Aluviões	Amostra(02.12.2005)
561582	9272167	CH190	Triunfo	?	1238,00	1483,00		804,00	7,76	Aluviões	Sousa	Amostra(02.12.2005)
562504	9273332	P246	Triunfo	?		1734,00			7,75	Aluviões	Sousa	Amostra(02.12.2005)
565418	9272408	P247	Triunfo	?		917,00	340,00		7,30	Aluviões	Sousa	Amostra(02.12.2005)
565434	9272347	P248	Triunfo	?		326,00			8,42	Aluviões	Agua superf.	Amostra(02.12.2005)
539988	9257171	CM531	Triunfo	?		980,00			8,11	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(02.12.2005)
560591	9256678	DV815	Sousa	?	2140,00	4400,00	1391,00		7,12	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(02.12.2005)
559146	9257407	DV990	Sousa	?	1020,00		870,00	663,00	-	Aluviões	Antenor Navarro	
617656	9248721	CH039	Pombal	?	1016,00	1010,00		660,00	7,79	Aluviões	Sousa	Amostra(06.12.2005)
615742	9249677	CH054	Pombal	?	1073,00	1280,00		698,00	7,47	Coberturas	Sousa	Amostra(06.12.2005)
594297	9257062	P253	Sousa	?		830,00			7,98	Coberturas	Antenor Navarro	Amostra(06.12.2005)
590933	9245167	DR005	Sousa	9000,00	995,00	1040,00		646,00	8,03	Aluviões	Rio Piranhas	Amostra(07.12.2005)
551560	9253374	P255	Sousa	?	995,00	800,00			7,83	Aluviões	Antenor Navarro	Amostra(08.12.2005)

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS – CAMPANHA NOVEMBRO_DEZEMBRO_2005.

P 164	9253265	572887	5554	20.12.2005	9,00	1030,00	13,00	4,68	213,67	1,95	74,45	9,60	356,24	64,20	1,34	1,20	107,00	292,00	399,00	51,87	659,00	0,45	0,04	1,28
P 178	9253525	566967	5446	14.11.2005	8,55	1570,00	27,00	14,04	406,18	3,51	288,92	69,60	461,16	48,00	1,11	4,00	80,00	378,00	458,00	126,25	1005,00	0,70	0,02	0,27
P 180	9253138	570759	5428	14.11.2005	9,19	1790,00	5,00	4,08	427,57	1,56	232,19	167,04	319,64	67,20	0,94	4,00	112,00	262,00	374,00	29,37	1145,00	0,86	0,14	8,81
P 181	9249708	585372	5612	22.12.2005	8,43	1890,00	21,00	19,32	385,48	4,68	450,92	31,68	267,79	31,80	0,15	2,30	53,00	219,50	272,50	133,12	1209,00	0,07	0,02	0,18
P 185	9246509	584400	5613	22.12.2005	8,17	335,00	21,40	7,20	29,44	10,14	27,30	1,92	132,98	13,20	0,70	9,50	22,00	109,00	131,00	83,75	227,00	0,39	0,08	0,13
P 194	9245989	587890	5614	22.12.2005	8,86	1500,00	19,00	27,60	320,39	5,85	77,99	129,12	665,51	145,80	0,39	0,70	243,00	545,50	788,50	162,50	960,00	0,17	0,04	0,04
P 195	9246850	588173	5425	14.11.2005	8,80	960,00	13,40	15,56	192,05	0,19	213,41	42,24	122,00	3,60	0,07	1,80	30,00	100,00	130,00	102,50	614,40	0,50	0,03	1,02
P 20	9259438	576113	5618	22.12.2005	8,59	1380,00	31,00	19,08	299,00	5,46	255,24	21,12	330,01	21,00	0,15	2,00	35,00	270,50	305,50	156,87	883,00	0,22	0,01	0,00
P 201	9256541	579207	5608	22.12.2005	8,35	1360,00	32,80	12,24	299,00	2,34	163,07	23,04	497,15	41,40	0,15	1,90	69,00	407,50	476,50	133,12	870,00	0,16	0,01	0,04
P 208	9273119	553989	5572	20.12.2005	8,43	1270,00	50,20	19,92	160,08	6,24	216,95	21,12	345,87	42,00	1,18	1,70	70,00	383,50	454,50	210,00	812,00	0,09	0,03	0,13
P 209	9273123	553872	5553	20.12.2005	7,70	1340,00	50,00	22,80	168,82	5,46	218,73	14,40	381,86	39,00	0,39	1,00	65,00	313,00	378,00	220,00	857,00	0,18	0,01	0,09
P 211	9273079	544208	5563	20.12.2005	8,80	890,00	36,40	28,80	104,65	12,09	127,62	18,24	239,12	54,00	1,10	1,30	90,00	196,00	286,00	211,25	569,00	0,06	0,02	0,04
P 214	9272231	545430	5551	20.12.2005	8,73	1240,00	33,00	8,64	213,67	7,80	170,87	31,68	396,50	54,60	0,15	1,30	91,00	325,00	416,00	118,75	793,00	0,31	0,01	0,00
P 216	9252094	565097	5575	20.12.2005	9,12	1500,00	4,20	3,00	427,57	1,95	108,83	178,56	336,11	68,40	1,34	1,80	114,00	275,50	389,50	23,12	960,00	0,21	0,00	0,62
P 217	9253176	565232	5566	20.12.2005	8,76	780,00	14,40	9,12	158,01	3,51	62,04	21,60	272,67	32,40	2,06	2,00	54,00	223,50	277,50	66,87	499,00	0,18	0,03	3,54
P 222	9244432	572529	5568	20.12.2005	8,40	1000,00	26,00	22,92	147,43	2,73	108,83	1,92	350,75	34,20	0,94	1,30	57,00	287,50	344,50	160,62	640,00	0,09	0,02	0,18
P 226	9269937	539360	5560	20.12.2005	8,64	610,00	26,80	9,60	93,84	7,80	58,49	9,60	198,25	29,40	0,94	1,80	49,00	162,50	211,50	106,57	390,00	0,08	0,62	0,27
P 227	9254496	583287	5559	20.12.2005	8,68	1060,00	25,40	8,88	200,79	1,95	119,47	0,48	336,72	51,00	0,47	1,30	85,00	276,00	361,00	100,62	678,00	0,09	0,01	0,09
P 230	9246767	592416	5567	20.12.2005	8,97	740,00	19,00	14,40	134,55	1,95	43,25	6,24	271,45	47,40	0,78	1,20	79,00	222,50	301,50	107,50	473,00	0,22	0,01	0,00
P 233	9248140	591054	5571	20.12.2005	8,70	770,00	26,20	17,40	138,79	1,95	41,48	48,96	369,66	48,00	0,78	1,90	80,00	303,00	383,00	138,12	492,00	0,10	0,01	0,00
P 27	9250968	556472	5433	14.11.2005	8,77	660,00	30,40	12,00	104,65	1,95	37,22	26,40	324,52	25,20	0,86	3,70	42,00	266,00	308,00	126,25	422,00	0,97	0,02	0,49
P 30	9253333	550961	5426	14.11.2005	8,74	650,00	26,20	20,76	106,49	3,90	113,44	45,60	124,44	6,00	0,39	2,70	10,00	102,00	112,00	151,87	416,00	0,65	0,01	0,00
P 42	9253396	624335	5437	14.11.2005	8,64	1320,00	37,20	50,76	170,89	3,12	230,42	66,24	381,25	59,40	0,70	2,80	99,00	312,50	411,50	304,37	844,00	0,07	0,02	0,04
P 58	9251851	562964	5430	14.11.2005	9,02	1340,00	11,00	5,52	320,62	1,56	29,76	25,44	54,90	82,20	0,47	3,50	137,00	450,00	587,00	50,62	857,00	0,51	0,02	1,33
P 79	9279707	570883	5421	14.11.2005	8,40	1600,00	67,00	53,52	203,20	3,90	333,94	177,12	132,98	9,00	0,15	2,30	15,00	109,00	124,00	390,62	1024,00	0,88	0,00	0,00
P 94	9272302	549040	5548	20.12.2005	8,10	1000,00	61,80	18,72	74,52	5,46	101,03	20,64	322,69	41,40	0,80	1,80	69,00	264,50	333,50	232,50	640,00	0,17	0,02	0,22
P 977	9255632	576710	5420	14.11.2005	8,98	2500,00	20,80	6,12	598,40	4,68	613,99	25,92	112,24	4,80	0,23	3,30	8,00	146,00	154,00	77,50	1600,00	0,74	0,02	0,22
P218	9250534	572807	5569	20.12.2005	8,82	385,00	21,00	8,52	53,13	8,97	23,04	2,88	164,09	17,40	2,14	7,70	29,00	134,50	163,50	88,12	246,00	0,39	0,00	0,00
R 41	9262184	551331	5442	14.11.2005	8,80	420,00	24,00	21,24	44,62	1,95	35,45	21,60	154,94	34,80	0,78	2,70	58,00	127,00	185,00	148,75	269,00	0,53	0,06	0,18

A NÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS_CAMPANHA MAIO_2006

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS_CAMPANHA AGOSTO_2006

A NÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS_CAMPANHA NOVEMBRO_2006

A NÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS _ CAMPANHA FEVEREIRO _ 2007

ANEXO 3

ANALISE GERAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ANOVA - pH

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2,294586	5	0,458917	4,3823	0,001221	2,3082
Dentro dos grupos	10,1579	97	0,104721			
Total	12,45249	102				

ANOVA - Condutividade Elétrica

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	17341293	5	3468259	231,0226	3,11E-52	2,3082
Dentro dos grupos	1456226	97	15012,64			
Total	18797519	102				

ANOVA - Calcio

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	31258,64	5	6251,728	33,29844	1,21E-19	2,3082
Dentro dos grupos	18211,59	97	187,7484			
Total	49470,23	102				

ANOVA - Magnésio

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6234,221	5	1246,844	13,64349	4,43E-10	2,3082
Dentro dos grupos	8864,585	97	91,38748			
Total	15098,81	102				

ANOVA - Sódio

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1008415	5	201683	85,00785	6,93E-34	2,3082
Dentro dos grupos	230134,6	97	2372,522			
Total	1238549	102				

ANOVA - Potássio

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	20,74035	5	4,14807	0,433356	0,824322	2,3082
Dentro dos grupos	928,481	97	9,571969			
Total	949,2213	102				

ANOVA - Cloreto

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1747469	5	349493,8	128,9344	3,06E-41	2,3082
Dentro dos grupos	262931,5	97	2710,634			
Total	2010401	102				

ANOVA - Sulfato

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	119930,8	5	23986,16	27,81897	2,24E-17	2,3082
Dentro dos grupos	83635,65	97	862,2232			
Total	203566,5	102				

ANOVA - Bicarbonatos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	472659,2	5	94531,84	19,86085	1,39E-13	2,3082
Dentro dos grupos	461691,7	97	4759,708			
Total	934350,9	102				

ANOVA - Carbonatos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	10551,27	5	2110,254	7,182616	9,32E-06	2,3082
Dentro dos grupos	28498,62	97	293,8002			
Total	39049,89	102				

ANOVA - Ferro

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,188001	5	0,0376	0,293857	0,915291	2,3082
Dentro dos grupos	12,41153	97	0,127954			
Total	12,59953	102				

ANOVA - Oxigênio

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6,955405	5	1,391081	0,295151	0,91455	2,3082
Dentro dos grupos	457,1718	97	4,713112			
Total	464,1272	102				

ANOVA - Al₂CO₃

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	26601,96	5	5320,392	3,153652	0,011104	2,3082
Dentro dos grupos	163644,6	97	1687,057			
Total	190246,5	102				

ANOVA - AlHCO₃

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	319182,1	5	63836,42	18,44894	7,76E-13	2,3082
Dentro dos grupos	335636,3	97	3460,168			
Total	654818,4	102				

ANOVA - Alcalinidade Total

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	465793,5	5	93158,7	14,67945	1,05E-10	2,3082
Dentro dos grupos	615581,1	97	6346,197			
Total	1081375	102				

ANOVA - Dureza

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	597391,9	5	119478,4	27,24761	3,99E-17	2,3082
Dentro dos grupos	425336,4	97	4384,912			
Total	1022728	102				

ANOVA - Sólidos Dissolvidos Totais

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	7023030	5	1404606	235,0954	1,43E-52	2,3082
Dentro dos grupos	579538,2	97	5974,62			
Total	7602568	102				

ANOVA - Amônia

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2,909993	5	0,581999	1,210553	0,3101	2,309202
Dentro dos grupos	46,15399	96	0,480771			
Total	49,06398	101				

ANOVA - Nitritos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,016826	5	0,003365	0,267936	0,929603	2,3082
Dentro dos grupos	1,21826	97	0,012559			
Total	1,235085	102				

ANOVA - Nitratos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	20,33118	5	4,066237	3,694063	0,0042	2,3082
Dentro dos grupos	106,7727	97	1,100749			
Total	127,1038	102				