Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SEMARH
Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN- IDEMA
Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte- IGARN
Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte- EMPARN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- IFRN
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte- UERN
Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA

PROGRAMA
ÁGUA AZUL

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
6º RELATÓRIO PARCIAL

NATAL, SETEMBRO DE 2012

ÓRGÃOS ENVOLVIDOS

- Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte (IDEMA),
- Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN),
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN),
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRN),
- Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN),
- Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA),
- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN)

COORDENAÇÃO GERAL

MANOEL LUCAS FILHO- UFRN
Eng^{o} Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor e Diretor do Centro de Tecnologia da UFRN

NELSON CÉSIO FERNANDES SANTOS- IGARN
Eng^{o} Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Coordenador de Gestão Operacional – IGARN

SÉRGIO LUIZ MACÊDO - IDEMA
Eng^{o} Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Núcleo de Monitoramento Ambiental – NMA/IDEMA

EQUIPE TÉCNICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN

AÉCIA SELEIDE DANTAS
Bacharel e Mestre em Química, Técnica do ICP-OES.

ANDRÉ LUIZ PEREIRA DE ALMEIDA
Bacharel e Mestrando em Química. Técnico do TOC.

DJALMA RIBEIRO DA SILVA
Químico, DSc - UFRN.

EMILY CINTIA TOSSI DE ARAÚJO COSTA
Licenciada, Bacharel, Mestre e Doutoranda em Química, Técnica do IC.
Química Responsável.

GUILHERME FULGÊNCIO DE MEDEIROS
Dr. Coordenador do ECOTOX/Lab/DOL/UFRN

HÉLIO RODRIGUES DOS SANTOS
Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento. Professor Adjunto I da UFRN.

IVANEIDE ALVES SOARES DA COSTA
Bióloga, Mestre em Bioecologia Aquática, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais, Pós-Doutora em Ecologia, Fisiologia e toxicologia de Cianobactérias, Professora Adjunto I da UFRN.

JULIANA DELGADO TINÔCO
Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Doutoranda da Escola de Engenharia de São Carlo- EESC/USP- Departamento de Hidráulica e Saneamento.

LARISSA ISABELLE FERREIRA BATISTA
Graduada em Ciências Biológicas, ECOTOX/Lab/DOL/UFRN

LUIZ PEREIRA DE BRITO
Eng^{o} Civil, Mestre em Engenharia Química, Doutor e Pós Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental, Professor Associado da UFRN

MANOEL LUCAS FILHO- UFRN
Eng^{o} Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor e Diretor do Centro de Tecnologia da UFRN

MIQUÉIAS ARAÚJO DANTAS
Licenciado em Química, Mestrando em Ciência e Engenharia do Petróleo.

RAYANNA HOZANA BEZERRIL
Bacharel e Mestranda em Química, Técnica do TOG.

SANDRO ARAÚJO DA SILVA
Técnico em Tecnologia Ambiental, Graduando em Química, Técnico do Laboratório de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRN.

SHIRLEY FEITOSA MACHADO SENA
Bacharel em Química, Mestranda em Ciência e Engenharia do Petróleo.

SINARA CYBELLE TURÍBIO E SILVA NICODEMO
Mestranda em Bioecologia Aquática, ECOTOX/Lab/DOL/UFRN.

TARCILA MARIA PINHEIRO FROTA
Engenheira de Materiais, Especialista em Ciência e Tecnologia de Materiais Aplicados à Indústria, Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

VANESSA BECKER
Bióloga, Mestre em Ecologia, Doutora em Botânica, Especialista em Fitoplâcton de Águas Continentais.

VERUSHKA SYMONNE DE MEDEIROS LOPES
Bacharel em Química, Mestranda em Ciência e Engenharia do Petróleo.

VIRGÍNIA ELEONORA FERREIRA BATISTA
Graduanda em Aquicultura, ECOTOX/Lab/DOL/UFRN.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE-IGARN

NELSON CÉSIO FERNANDES SANTOS- IGARN
Eng^{o} Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Coordenador de Gestão Operacional – IGARN

FRANCISCO RAFAEL SOUSA FREITAS
Tecnólogo em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Mestre em Engenharia Sanitária (Recursos Hídricos). Consultor SEMARH/PSP (Monitoramento Qualitativo).

SELMA MARIA DA SILVA
Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

Estagiárias

NATHALIA AUGUSTA SEABRA DANTAS DE OLIVEIRA
Graduanda em Aqüicultura-UFRN e estagiária de Aqüicultura-UFRN.

ROSEANE RODRIGUES DE AZEVEDO LEOCÁDIO
Graduanda em Ciências Biológicas-UFRN e estagiária de Biologia-UFRN.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO NORTE- UERN

SUELY SOUZA LEAL DE CASTRO
Licenciada e Bacharel em Química, Mestre em Ciências, Doutora em Química Analítica e, Professora Adjunto IV do Departamento de Química da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN.

LUIZ DI SOUZA
Eng° Industrial e Químico, Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais, Professor adjunto IV da UERN.

ALRIBERTO GERMANO DA SILVA

Graduando em Química, UERN.

ANDRÉ VICTOR FERNANDES SILVA

Graduando em Química, UERN.

ANTÔNIO RANK-SERMILHER DE SALES BARBOSA

Graduando em Química, UERN.

JOSÉ ROGRIGUES DE LIMA FILHO

Graduando em Química, UERN.

KAIO CÉSAR ALVES DA SILVA

Graduando em Química, UERN.

LARISSA MATILDE DA SILVA

Graduando em Química, UERN.

LIDIANE ALVES DE MORAIS

Graduando em Química, UERN.

PAULO ROBERTO FREIRE DE MORAES

Graduando em Química, UERN.

PEDRO HENRIQUE C. S. COSTA
Graduando em Química, UERN.

RAQUEL F. DOS SANTOS
Graduando em Gestão Ambiental, UERN.

TAISA CRISTINE DE MOURA DANTAS

Graduando em Química, UERN.

THIAGO MIELLE B. F. OLIVEIRA
Químico e Especialista em Química e Biologia, Técnico de Laboratório de Química do Departamento de Química da UERN.

WYSLLEY DOUGLAS ALVES PAIVA

Graduando em Química, UERN.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – EMPARN

ALFRÊDO OSVALDO DANTAS DE AZEVEDO
Msc. em Eng. Sanitária

JOSÉ SIMPLÍCIO DE HOLANDA
PhD em Agronomia

ALDO ARNALDO DE MEDEIROS
PhD em Agronomia

RAIMUNDO FERNANDES DUTRA
Eng.º Químico

MARCOS JOSÉ DA NÓBREGA FREIRE
Eng.º Químico

LÍGIA MARIA BARRETO REGO
Eng.º Químico

MARIA DE FÁTIMA COSTA
Bel. em Química

GLEY BENÉVOLO XAVIER
Bel. em Química

MARIA DA CONCEIÇÃO GOMES BENTES
Bióloga

ADEMILSON GOMES DA SILVA
Laboratorista

MARIA DO SOCORRO VALENTIM CÂMARA
Assist. de Pesquisa I

RONILDO TEIXEIRA DE PAULA
Tec. Laboratório

ERNESTRO ESPÍNOLA SOBRINHO
Tec. Laboratório

VALDO LOPES DE MOURA
Laboratorista

ÂNGELA CRISTINA MELO LIBERATO
Bióloga

TARCÍSIO BATISTA DANTAS
Tec. Laboratório

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RN- IFRN

ANDRÉ LUIS CALADO ARAÚJO
Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Sanitária, University of Leeds, England.

ANDRÉA LESSA DA FONSECA
Engenheira Química, Doutora em Engenharia Química, UFRN.

DOUGLISNILSON DE MORAES FERREIRA
Químico - UFRN

LEÃO XAVIER DA COSTA NETO
Geólogo, Mestre em Geologia e Geofísica Marinha, UFF-RJ

LUIZ EDUARDO MELO DE LIMA
Biólogo, Mestre em Gerenciamento Ambiental, UFPB.

MILTON BEZERRA DO VALE
Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Sanitária, UFRN.

RONALDO FERNANDES DINIZ
Geólogo, Doutor em Geologia Sedimentar, UFBA.

HUGO PAIVA TAVARES DE SOUZA
Aluno do Curso Técnico de Geologia e Mineração, CEFET-RN.

MIRLENE NEYCE SOARES PEREIRA
Aluna do Curso Técnico de Controle Ambiental, CEFET-RN.

PALOMA DE PAULA GOMES
Aluna do Curso Técnico de Controle Ambiental, CEFET-RN

RAONI DANTAS BRANDÃO MARINHO
Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, CEFET-RN.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO/RN- UFERSA

FRANCISCO NILDO DA SILVA
Engenheiro Agrônomo pela UFERSA. Mestre em Solos pela UFC. Doutor em Solos pela Universidade Federal de Lavras – UFLA/University of California - UCR-USA. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFERSA. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA.

MARIA MÉRCIA SALVIANO DE OLIVEIRA
Técnica em laboratório. Servidora Publica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 12

1.0 INTRODUÇÃO 13

2.0 OBJETIVO 14

3.0 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA 14

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos 15
3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas 16
3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos 17
4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO RIO GRANDE DO NORTE 18

5.0 A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 21

6.0 MATERIAIS E MÉTODOS 21

6.1 - Área Geográfica do Estudo 21

6.3 – Rede de Monitoramento 22
6.4 – Coletas e Análises 22
6.4.1 Coletas 22
7.0 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 24

8.1 POÇOS COM CONCENTRAÇÃO DE NITRATO ACIMA DO LIMITE PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 PARA CONSUMO HUMANO. 58

8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS 62

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS 63

8.4 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS BTEX 63

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 63

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas

Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

Figura 6.1 – Estações de amostragem de água subterrânea

Figura 7.1 - Concentração dos sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.2 – Concentração do íon sódio (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.3– Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.4 – Concentração do ion cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Figura 7.5 – Concentração do ion ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Figura 7.6 – Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.7 – Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.8 – Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.9 – Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 7.10 – Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 7.11– Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 7.12 – Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 7.13– Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 8.1 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Potengi

Figura 8.2 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litoranêa Leste de Escoamento Difuso

Figura 8.3 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Figura 8.4 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Figura 8.5 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Doce

Figura 8.6 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Pirangi

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Parâmetros Monitorados, Métodos Analíticos e Padrão de Potabilidade

Tabela 7.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Potengi

Tabela 7.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Tabela 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Tabela 7.4 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Tabela 7.5 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Tabela 7.6 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Doce

Tabela 7.7 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Pirangi

Tabela 7.8 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Maxaranguape

Tabela 7.9 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Ceará - Mirim

Tabela 7.10 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Punaú

Tabela 7.11 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Jacu

Tabela 7.12 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Traíri

Tabela 7.13 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Boqueirão

Tabela 7.14 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Catu

Tabela 7.15 - das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Tabela 7.16 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

T – temperatura

º C – graus Celsius

pH – potencial hidrogeniônico

CE – condutividade elétrica

$N0_3$ – nitrato

$N0_2$ – nitrito

NH_3 – nitrogênio amoniacal

SO_4 – sulfato

Na – sódio

Ca – cálcio

Cl – cloreto

K – potássio

Mg – magnésio

Fe – ferro

BTEX – benzeno, tolueno e etil-xilenoVMP – valor máximo permitido

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

uH – unidade Hazen

uT – unidade de turbidez

µS/cm – microsiemens/cm

µg/L – microgramas/litro

$CaCO_3$ – carbonato de cálcio

mg/L – miligramas por litro

NMP – número mais provável

UFC – unidades formadoras de colônias

cm – centímetros

h – hora

CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

SAAE – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos

IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte

APRESENTAÇÃO

Água limpa, segura e adequada é vital para a sobrevivência de todos os organismos vivos e para o bom funcionamento do ecossistemas, comunidade e economia. A perda da qualidade da água tem sido um problema de ordem global à medida em que a população cresce e as atividades agrícolas e industriais se expandem.

A partir do diagnóstico que indicou a necessidade de se efetuar um monitoramento das águas subterrâneas, com o objetivo de retratar a importância deste recurso hídrico no Estado, bem como de informar, conscientizar e alertar as autoridades e a opinião pública sobre a necessidade de promover políticas e metas de prevenção à poluição, no âmbito do gerenciamento integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, foi idealizado o Programa Água Azul.
.

O monitoramento da qualidade da água auxilia na garantia da segurança da água para os seus diversos usos. Esta ação está relacionada à existência de legislação responsável pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

A qualidade da água pode ser representada por meio de diversos parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas, e podem ser utilizados para caracterizar águas de abastecimento, residuárias, mananciais e corpos receptores.

No período coberto por este relatório, as atividades envolveram trabalhos de campo, análises laboratoriais, discussões técnicas e interpretações dos dados de análises físico-químicas das águas subterrâneas de 73 poços.

1.0 INTRODUÇÃO

Este Relatório é a síntese da segunda campanha de monitoramento de água subterrânea, realizada no ano de 2011, no âmbito do Programa Água Azul, nas seguintes bacias hidrográficas: Potengi, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Doce, Pirangi, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso, Catu, Jacu, Punau, Maxaranguape, Boqueirão, Ceará-mirim, Curimataú e Trairí. Foram monitorados 45 parâmetros de qualidade, incluindo os microbiológicos, físicos e químicos, além de 24 parâmetros orgânicos nos poços localizados no município de Baraúna.

O Programa Água Azul foi desenvolvido para monitorar a qualidade das águas superficial e subterrânea e a balneabilidade das praias, através de um convênio de cooperação técnica entre órgãos do governo estadual e federal.

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas fornece informações valiosas para definir ações com vistas ao controle da poluição das águas subterrâneas no Estado. Desta forma, o controle das fontes de poluição das águas subterrâneas, incluindo as difusas como as atividades agro-industriais, deve ser executado de forma prioritária, a fim de atenuar este impacto. Atividades, que envolvem o lançamento de efluentes líquidos e disposição de resíduos sólidos no solo, além de sistemas de tratamento de efluentes por lagoas, deverão ser evitados ou, quando utilizadas, devem atender aos critérios específicos de proteção das águas subterrâneas descritos na legislação vigente e normas técnicas.

A água contém naturalmente substâncias dissolvidas, material particulado não dissolvido e organismos vivos. Esses constituintes passam por processos e reações durante o fluxo, sob a influência de fatores endógenos e exógenos.

A partir do conhecimento da interação da água com o meio em que ela circula, foi possível identificar parâmetros que são utilizados para orientação e proteção dos usuários das águas subterrâneas. As principais fontes poluidoras da água são as atividades antrópicas e agrícolas, especialmente a disposição inadequada de efluentes domésticos, dos resíduos da pecuária, disposição inadequada dos resíduos sólidos e práticas agrícolas incorretas.

As águas subterrâneas devem ser gerenciadas com vistas ao desenvolvimento de projetos locais, priorizando ações de fiscalização de poços e áreas de proteção, aplicando-se a legislação estadual vigente, o zoneamento e a ocupação do solo e considerando a vulnerabilidade do risco da poluição e prevenção da poluição através do monitoramento constante da qualidade e possível contaminação.

2.0 OBJETIVO

Os principais objetivos da rede de monitoramento de águas subterrâneas são:

• Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas subterrâneas utilizadas para o consumo humano (abastecimento público) e demais usos; Avaliar a evolução da qualidade das águas superficiais do Estado

• Avaliar a evolução da qualidade das águas subterrâneas do Estado;

• Obter informações sobre áreas impactadas, onde a qualidade da água está mais comprometida, permitindo a aplicação de medidas de prevenção e correção dos órgãos de gestão ambiental e dos recursos hídricos.

• Fornecer subsídios para a elaboração e execução dos Planos de Bacia e dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

3.0 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

A produtividade de um aquífero depende da sua capacidade para armazenar e transmitir água. Sedimentos tais como areia ou cascalho contem espaço poroso entre os grãos e, portanto, o teor de água pode ser superior a 30 por cento do volume. Este é reduzido progressivamente à medida que a proporção de materiais finos, tais como argila e consolidação como ocorre, aumenta. Em rochas altamente consolidadas, águas subterrâneas são encontradas apenas em fraturas e raramente excede 1% do volume da massa de rocha. No entanto, no caso dos calcários, estas fraturas podem ser maiores, e formam fissuras e cavernas. Mesmo assim, o total de armazenamento é relativamente pequeno em comparação com os aquíferos não consolidados, resultando em menos água disponível para diluir a água contaminada que encontra seu caminho no sistema.

Os constituintes naturais da água subterrânea são derivados das interações entre a água e os diversos sólidos, líquidos e gases que acontecem desde a área de recarga até a descarga. A origem dos constituintes está associada à qualidade das águas de infiltração, ao tempo de trânsito e tipos litológicos atravessados. As espécies inorgânicas presentes podem ser caracterizadas pela concentração, como detalhado a seguir (Mestrinho, 2011):

- concentrações >5mg/L: são os constituintes maiores ou principais como os íons Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-, Na^+, Ca_2^+, Mg_2^+. As substâncias dissolvidas pouco ionizadas como alguns ácidos, hidróxido de *Fe* e a sílica (H_4SiO_4) em estado coloidal, podem integrar a solução aquosa natural, assim como seus íons derivados (Fe^{2+}, Fe^{3+} e $H_3SiO_4^-$);
- concentrações entre 0,01-10mg/L: são os constituintes menores como os íonsNO_3^{2-}, CO_3, K^+ e Fe^{3+}, além do NO_2^-, NH_4^+ e Sr^{2+} e outros menos freqüentes como Br^-, S^{2-}, PO_4^{2-}, $H_3BO_3^-$, NO_2^-,OH^-, I^-, Fe^{3+}, Mn^{+2}, H^+, NH_4^+,Al_3^+ dentre outros. Os traços são os íons metálicos As^{2+}, Sb^{2+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+},Zn^{2+}, Ba^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, entre outros, que podem apresentar concentrações superiores ao *background* regional em áreas com jazidas naturais ou com contaminações antrópicas, e;
- elementos radioativos comuns na litosfera, quando presentes, classificam a água como radioativa. Os estudo das fontes minerais radioativas mostram que o *222Rn* é a emanação mais abundante nas águas minerais e o principal responsável pela sua radioatividade.

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos

A partir da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988) a água subterrânea passou a ser reconhecida como bem público de propriedade dos Estados e Distrito Federal (Art. 26, I), distinta dos recursos minerais do subsolo que pertencem à União (Art.176).

Em 1997, a Lei Federal nº 9.433, conhecida como a Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Esta norma legal destacou especialmente as águas superficiais, dissociando-as das águas subterrâneas.

Na última década, com o surgimento de vários normativos, essa lacuna vem sendo preenchida, sendo a Agenda de Ações para ANA em Águas Subterrâneas, lançada em 2007, o documento mais atual para a implementação do PNRH. Resoluções têm surgido para suprir essa lacuna e contemplar a ausência de legislação específica para águas subterrâneas em grande parte dos estados do Brasil.

Dentre as resoluções nacionais relacionadas às águas subterrâneas, temos: Resolução CNRH nº 22/ 2002; Resolução CONAMA nº 396/ 2008, Resolução CNRH nº 91/ 2008, Resolução CNRH nº 92/ 2008 e Resolução CNRH nº 107/ 2010, as quais incluem exigências de programas de prevenção proativa e controle da contaminação, embasadas por diretrizes definidas para esse fim, tais como:

(I) o estabelecimento de programas de ação nas águas subterrâneas, nos

níveis nacional, estadual e local, com horizontes de curto e médio prazo;
(II) a implantação de ações de proteção e conservação do recurso;
(III) o controle efetivo da deterioração da qualidade da água subterrânea;
(IV) a aplicação de melhores práticas ambientais, e
(V) o estímulo à participação de usuários das águas subterrâneas nos planos gestores.

Com a aprovação da Resolução CONAMA 396/2008, que trata da classificação e diretrizes ambientais gerais para o enquadramento das águas subterrâneas, surgiram outras resoluções complementares do CNRH, dentre elas a **Resolução CNRH nº 99,** de 26 de março de 2009, que aprova o **Programa Nacional de Águas Subterrâneas** (PNAS), como parte integrante do PNRH.

3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas

Nos últimos anos, se tem acompanhado em todo o mundo a inserção das águas subterrâneas no sistema de gestão de recursos hídricos. No Brasil, a legislação de classificação e enquadramento representa um marco importante para garantia da sustentabilidade do recurso até as próximas gerações.

Os aspectos qualitativos das águas subterrâneas em qualquer estudo hidrogeológico são fundamentais, uma vez que a água pode possuir qualidade natural para vários usos ou ser restrita para determinados usos.

Os constituintes naturais da água subterrânea derivam das interações que ocorrem da área de recarga à de descarga entre a água e os sólidos, líquidos e gases. A concentração caracteriza as espécies inorgânicas presentes:

• concentrações >5mg/L: são os constituintes maiores ou principais como os íons Cl^-, SO^{2-}, HCO^{3-}, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}. Alguns ácidos, hidróxido de Fe e a sílica ($HSiO_4$) em estado coloidal, assim como seus íons derivados (Fe^{2+} , Fe^{3+} e H_3SiO^{4-}) podem integrar a solução aquosa natural.

• concentrações entre 0,01-10mg/L: são os íons NO_3^{2-}, CO_3, K^+ e Fe^{3+}, NO_2^{2-}, NH^{4+} , Sr^{2+} , Br^-, S^{2-}, PO_4^{2-}, H_3BO^{3-}, NO^{2-},OH^-, I^-, Fe^{3+}, Mn^{+2}, H^+, NH_4^+, Al^{3+} dentre outros. Em áreas com contaminação antrópica e jazidas naturais os íons metálicos As^{2+}, Sb^{2+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+},Zn^{2+}, Ba^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, entre outros, que podem apresentar concentrações superiores ao *background* regional.

• a água pode apresentar elementos radioativos comuns na litosfera, sendo o 222Rn a emanação mais abundante nas águas minerais e o principal responsável pela sua radioatividade.

Os parâmetros para controle da qualidade, selecionados a partir da definição dos usos preponderantes, podem ser classificados em:

• **físicos (descritivos):** turbidez; cor; sabor; odor; sólidos totais dissolvidos (STD); temperatura; condutividade elétrica e salinidade;

• **químicos:** pH; DBO; DQO; OD; gás carbônico; acidez; alcalinidade; dureza; conteúdo iônico (elementos maiores); metais (Hg, Cu, Pd, Zn, Cr, Cd); nitratos, sulfatos, fosfatos, compostos orgânicos (sintéticos e naturais) e nutrientes;

• **microbiológicos:** as bactérias do grupo coliformes (fecais e os termotolerantes), e

•**compostos orgânicos (indicadores de contaminação):** hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, fenóis e outros que comprometem o sabor e odor, subdivididos em:

- **mais densos que a água - DNAPL (dense non-aqueous phase liquids):** os mais comuns são os halogenados (PCE – tetracloroetano, TCE – tricloroeteno, DCE –dicloroeteno, cloreto de vinila dentre outros), e;

- **menos densos que a água - LNAPL (light non-aqueous phase liquids):** os mais comuns são do grupo BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) presentes na gasolina.

• **Carbono Orgânico Total -** COT: é o carbono dissolvido, não específico, atribuído as substâncias orgânicas presentes na água. O COT é um teste instrumental que mede o carbono liberado como CO_2.

3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos

Várias são as fontes de poluição/contaminação das águas subterrâneas, com destaque para os vazamentos de tanques ou tubulações, derramamentos acidentais, lixiviados de resíduos sólidos, lançamento de efluentes domésticos e industriais, fertilizantes e pesticidas oriundos das atividades agrícolas e atividades de mineração.

Os aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo, a intensidade de geração e a disposição das cargas poluidoras associadas às características geológicas e hidrogeológicas da área permitem a avaliação dos riscos de poluição/contaminação das águas subterrâneas.

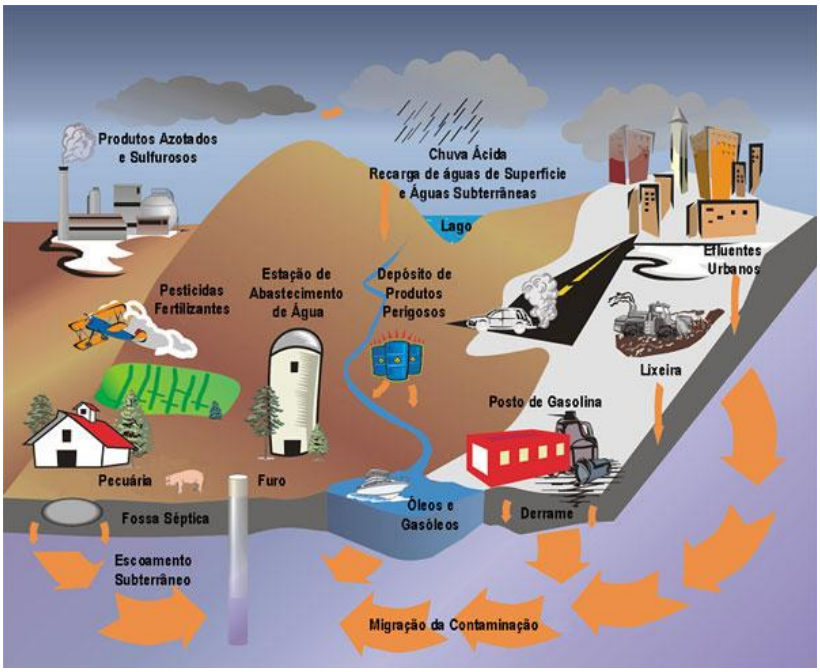

Figura 3.1 – Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas
Fonte - e-geo.ineti.pt/.../agua_subterranea/poluicao.htm, acesso em julho de 2011

4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO RIO GRANDE DO NORTE

No Rio Grande do Norte, que possui uma boa parte do seu território inserido na região do semi-árido nordestino, há uma dependência importante das águas subterrâneas para os mais diversos usos.. São águas que podem ser denominadas de estratégicas e que requerem uma gestão continuada quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos.

Os aqüíferos são a principal fonte de uso de água para vários municípios do estado do Rio Grande do Norte e os poços utilizados captam água dos diversos aqüíferos existentes. Os aqüíferos do Rio Grande do Norte são nominados abaixo e apresentados na figura 4.1.

- Costa Leste do Estado do Rio Grande do Norte: Aluvião/Barreiras; Barreiras.
- Bacia Potiguar: Aluvião/Barreiras/Jandaira/Açu; Aluvião/Jandaira/Açu/Aluvião/Açu; Barreiras/Jandaira/Açu; Jandaira/Açu; Açu.
- Embasamento cristalino: Aluvião/cristalino; Barreiras/cristalino; Cristalino.

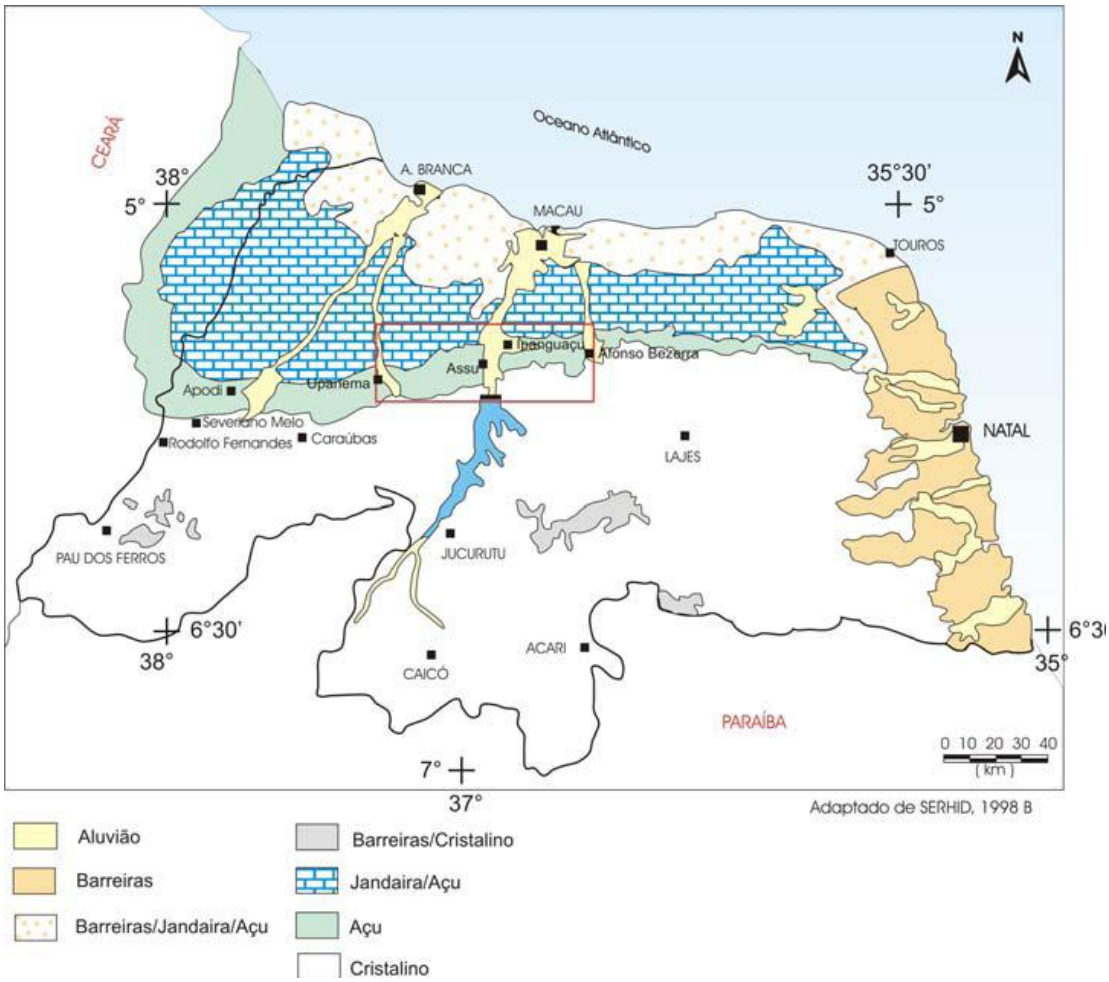

Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

No Rio Grande do Norte, os aqüíferos aluvionares são constituídos por aluviões que ocorrem na Bacia Potiguar, por depósitos aluvionares sobre as rochas cristalinas e por aluviões que se desenvolvem sobre os sedimentos Barreiras na costa leste, e, sendo os dois últimos compreendidos em faixas de 50 e 400 metros ao longo do leito dos principais rios. Os principais aqüíferos aluviais da Bacia Potiguar ocorrem na planície aluvial de Açu/Carnaubais; na planície aluvial do Apodi, além dos aluviões da Região de Upanema e da Região de Afonso Bezerra.

Outro aqüífero de importância é o Jandaíra, no Estado do Rio Grande do Norte, localizado na porção superior da seqüência carbonática da Formação Jandaíra. Caracterizado como um aqüífero livre, heterogêneo, hidraulicamente anisotrópico e de circulação cárstica em seu interior, sendo limitado em sua porção inferior por sedimentos pouco permeáveis pertencentes à base da Formação Jandaíra e topo da Formação Açu, compostos por argilas arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários compactados, que

funcionam como camadas confinantes ou semi-confinantes do aqüífero Açu. Com ampla variação litológica vertical e horizontal, a Formação Jandaíra é constituída por calcários cinzas e cremes, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos.

Uma camada semi-permeável (*aquitard*), constituída por diferentes litologias, separa os aqüíferos Açu e Jandaíra. As principais litologias desta camada são argilas arenosas, argilas siltosas, argilitos, folhelhos, margas, calcarenitos e calcários compostos, com eventuais intercalações de lentes arenosas a diferentes níveis.

Esta camada funciona como camada confinante do Aqüífero Açu e dependendo das diferenças de carga hidráulica ocorre uma entrada (drenança vertical descendente) ou saída (drenança vertical ascendente) de água do aquífero Açu com relação ao aqüífero Jandaíra.

O aqüífero Açu é o mais importante sistema aqüífero da Bacia Potiguar, aflorando na borda sul da Bacia Potiguar ao longo de uma faixa marginal com largura variando entre cerca de 5 km, no extremo leste e mais de 20 km, no extremo oeste. A Formação Açu apresenta-se essencialmente arenosa na base, graduando para sedimentos mais pelíticos em direção ao topo. A infiltração das águas ocorre na zona de afloramento da Formação Açu, seguindo no sentido de sul para norte em direção ao mar. O aqüífero Açu na sua zona de afloramento é referido como sendo do tipo livre.

O semi-confinamento ou confinamento do aqüífero Açu ocorre nos demais domínios da Bacia Potiguar, quando as camadas argilosas da porção superior da Formação Açu e/ou porção basal da Formação Jandaíra, lhe conferem essa característica. As diferenças de cargas hidráulicas entre os aqüíferos Açu e Jandaíra permitem a ocorrência de drenança vertical ascendente ou descendente.

Na Bacia Potiguar, distinguem-se a Região de Mossoró, a oeste, onde o aqüífero é mais conhecido e a Plataforma Leste ou Plataforma de Touros, a leste do Rio Açu, onde este aqüífero ainda é pouco conhecido. Estas regiões separadas grosseiramente pelo vale do rio Açu ou, mais precisamente, separadas pela Grande Falha de Carnaubais. A maior parte dos arenitos da Formação Açu está provavelmente assentada diretamente sobre o embasamento cristalino e apresentam espessuras relativamente bem mais reduzidas.

A Formação Cristalina abrange a porção centro-oeste e grande parte do sul do Estado do Rio Grande do Norte é constituída por uma estrutura cristalina, originadas na Era Pré-Cambriana, com potencial hidrogeológico limitado. A águas são normalmente salinas, com teores de sólidos totais dissolvidos superiores a 2.000mg/L. Embora apresentem baixa produtividade, é observado o seu uso para pequenas atividades agrícolas e abastecimento de comunidades rurais. A infiltração ocorre

essencialmente nas zonas de fraqueza das rochas (fendas e fissuras), podendo as taxas de infiltração serem mais elevadas sob os domínios das planícies aluviais e/ou solos com cobertura vegetal.

Na porção centro norte e todo o litoral do Estado são formados por rochas e terrenos sedimentares, de formação mais recente, onde encontramos o aquífero Barreiras, de caráter local livre a semi-confinado, sendo responsável pelo abastecimento da maioria das cidades da faixa litorânea oriental do Estado, incluindo a capital Natal. Apresenta-se, sob o ponto de vista litológico, bastante heterogêneo, envolvendo desde arenitos pouco argilosos a conglomeráticos, até argilas. Esta composição diversificada, somada a variações de espessuras saturadas (geralmente decorrentes do arcabouço tectono estrutural da área), resulta em vazões explotáveis igualmente variáveis, em geral da ordem de 5 m^3/h a 100 m^3/h, sendo uma área de frágil equilíbrio ambiental.

5.0 A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A Constituição Federal de 1988 instituiu o Sistema Nacional de Recursos Hídricos como competência exclusiva da União e, em 08 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.433 que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

No Rio Grande do Norte a Lei nº 6.908 de 01 de julho de 1998 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hìdricos – SIGERH e dá outras providências. O artigo 3º, ao dispor sobre as diretrizes gerais da Política Estadual de Recursos Hídricos, no seu inciso III, faz referência as águas subterrâneas da seguinte maneira:

> O desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas subterrâneas contra a poluição e a exploração excessiva ou não controlada.

6.0 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 - Área Geográfica do Estudo

A área de estudo deste monitoramento são as bacias hidrográficas Potengi, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Doce, Pirangi, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso, Catu, Jacu, Punau, Maxaranguape, Boqueirão, Ceará-mirim, Curimataú e Trairí.

6.2 – Procedimentos Metodológicos

A coleta de amostras de água subterrânea e a análise de diversos parâmetros qualitativos constituem o foco da metodologia adotada para o Programa Água Azul, que culmina com o diagnóstico situacional, subsidiando o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Para estes procedimentos foram adotadas as técnicas referenciadas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, edição 2011.

Na campanha realizada no segundo semestre de 2011, foi necessário um novo ajuste no número de pontos da rede de monitoramento em decorrência de avaliações das campanhas anteriores e de fatores de ordem operacional dos poços monitorados.

6.3 – Rede de Monitoramento

A localização dos poços, inicialmente feita no escritório, tem sido reavaliada a partir das experiências dos trabalhos de campo, priorizando a questões referentes ao aqüífero, acesso, estrutura do local e tipo de poço.

6.4 – Coletas e Análises

As amostragens foram realizadas pelas equipes técnicas do IGARN e UFRN e as análises foram contratadas junto a UFRN, UERN e EMPARN.

6.4.1 Coletas

As coletas foram realizadas no segundosemestre de 2011, em período caracterizado como seco para os poços localizados nas Bacias Hidrográficas da região semi-árida e no final do período chuvoso para as demais bacias, sendo analisados parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme apresentado na Tabela 6.1.

Os procedimentos anteriores à amostragem incluíram o bombeamento por um período mínimo de 15 minutos, para que fossem obtidos dados representativos da água subterrânea, minimizando a coleta de águas paradas no interior da captação. O procedimento adotado na campanha de amostragem consistiu na coleta dos seguintes volumes: 2,0L de água em recipiente plástico de polietileno, sendo lavados com a água a ser coletada por três vezes antes da coleta final, e 200 mL de água em frasco de polipropileno esterilizado.

Na tabela 6.1 estão apresentados os parâmetros monitorados nessa campanha, a metodologia analítica utilizada, e os valores definidos para os padrões de potabilidade, constantes da legislação específica. As análises de agrotóxicos e de compostos orgânicos seguiram a seguintes metodologias:

- Ânions – POP PA 032 / usepa sw 846 – 30.1

- SVOC – POP PA 076 / USEPA SW 846 – 8270C, SMWW 6410B
- Toxafeno – POP PA 093 / USEPA SW 846 - 505

Tabela 6.1 – Parâmetros Monitorados, Métodos Analíticos e Padrão de Potabilidade

Parâmetro	Método Analítico	Unidade	Padrão (Resolução CONAMA 396/08)
pH	Phgâmetro		-
Condutividade elétrica	Condutivímetro	µS/cm	-
Cor	APHA 2120B	uH	-
Turbidez		UT	-
Alcalinidade a bicarbonato	APHA 2320	mg / L HCO_3	-
Alcalinidade a carbonato	APHA 2320	mg / L CO_3	-
Alcalinidade a hidroxila	APHA 2320	mg / L OH^-	-
Alcalinidade total	APHA 2320	mg / L	-
Sólidos dissolvidos totais	APHA 2540 D	mg/L	1000
Sólidos totais a 105ºC	APHA 2540 D	mg/L	-
Dureza Total	APHA 2340B	mg/L $CaCO_3$	-
Nitrogênio Amoniacal	ASTM D 6919	mg/L NH_3	-
Nítrito	APHA 4110	mg/L N	1
Nitrato	APHA 4110	mg/L N	10
Cálcio	USEPA 6010C	mg/L Ca^{++}	-
Magnésio	USEPA 6010C	mg/L Mg^{++}	-
Sódio	USEPA 6010C	mg/L Na^+	200
Potássio	USEPA 6010C	mg/L K^+	-
Ferro	USEPA 6010C	mg/L Fe	0,3
Carbonato	-	mg/L CO_3^-	-
Bicarbonato	-	mg/L $CaCO_3$	-
Cloreto	APHA 4110	mg/L Cl	250
Sulfato	APHA 4110	mg/L $SO_4^=$	250
Coliformes totais	APHA 9222D	UFC/100 mL ou NMP/100mL	Ausência
Coliformes termotolerantes	APHA 9222D	UFC/100 mL ou NMP/100mL	Ausência

7.0 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Avaliação Temporal

Para atender os objetivos do Programa Água Azul, a avaliação da qualidade da água subterrânea é feita através do acompanhamento da evolução, ao longo do tempo, dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

A Resolução CONAMA nº396/2008 é o instrumento legal que permite a comparação entre os resultados obtidos e a conformidade que atende aos usos indicados.

Nas tabelas 7.1 a 7.17 são apresentados os resultados por bacia hidrográfica de cada parâmetro analisado.

Tabela 7.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Potengi

PARÂMETROS	NAT- FCA60	NAT- PLA65	NAT-POT586	NAT- POT605	NAT- PIT1318	NAT- CPM668	NAT- POT3	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,1	-	-	4,93	6,11	6,3	7,3	-
Bicarbonato (mg/L)	2,158	-	-	< LD	2,158	2,346	125,713	-
Cálcio (mg/L)	2,554	-	-	3,003	2,947	1,96	18,67	-
Carbonato (mg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	29,554	-	-	66,67	20,4113	25,361	17,8882	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	164	-	-	340	82	162	386	-
Cor (uH)	3	-	-	3	< LD	< LD	1	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	39,745	-	-	53,373	28,109	31,949	89,117	-
Ferro (mg/L)	0,051	-	-	0,058	< LD	< LD	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,435	-	-	4,427	2,702	1,35	6,582	-
Magnésio (mg/L)	8,103	-	-	11,14	5,039	6,57	10,32	-
Sódio (mg/L)	51,302	-	-	45,454	20,14	30,82	9,622	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	30,689	-	-	21,842	8,964	17,182	0,595	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	81	-	-	170	42	75	193	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2,188	-	-	5,134	2,4067	2,3964	7,3536	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,157	-	-	0,147	1,143	0,152	0,227	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	-	-	18	Ausente	Ausente	92	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	76	-	-	20	10	16	128	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (mg/L)	1,749	-	-	1,579	1,612	< LD	1,571	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 7.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Potengi

PARÂMETROS	NAT-STR1176	NAT- QUI918	NAT-GUA768	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	7,01	5,01	5,16	-
Bicarbonato (mg/L)	300,295	5,865	7,038	-
Cálcio (mg/L)	92,808	9,673	2,008	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	65,8082	56,1349	33,7952	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	564	207	102	-
Cor (uH)	40	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	316,704	70,11	34,421	-
Ferro (mg/L)	0,018	< LD	0,013	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	7,719	11,09	3,47	-
Magnésio (mg/L)	20,632	11,16	5,245	-
Sódio (mg/L)	46,8	36,39	17,763	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1,6707	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,094	15,952	1,696	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	288	104	53	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	37,788	12,7605	5,3721	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	2,84	0,278	0,438	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	12	Ausente	6	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	68	38	26	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (µg/L)	1,179	1,330	1,143	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 7.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	NAT- PNE787	TBS-/PP2B	NAT- NDE87	NAT- CAN1312	NAT- PQD690	NAT- ALE758	NAT- TIR355	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	5,61	6,2	5,57	5,28	4,35	5,23	5,14	-
Bicarbonato (mg/L)	2,427	28,95	7,553	9,384	2,346	7,038	2,346	-
Cálcio (mg/L)	0,857	8,95	3,588	4,769	1,54	2,429	8,409	-
Carbonato (mg/L)	< LD	0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	13,9238	49,7	24,0449	37,9506	24,743	44,5758	62,5572	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	45	379	115	82	103	116	131	-
Cor (uH)	1	2,5	<LD	<LD	<LD	1	<LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	10,904	58,31	30,426	36,085	23,805	35,698	90,715	-
Ferro (mg/L)	< LD	0,26	0,026	<LD	<LD	<LD	0,061	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	0,817	5,8	2,644	4,657	1,453	8,955	6,502	-
Magnésio (mg/L)	2,128	8,73	5,213	5,871	4,874	7,196	16,93	-
Sódio (mg/L)	6,687	45	23,2	21,52	23,637	21,76	37,8	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	0,05	< LD	<LD	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,185	15,59	8,209	9,112	10,637	8,096	19,267	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	23	257,72	58	41	52	60	68	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	5,1405	8,5	2,438	2,5539	1,487	9,3985	6,9383	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,162	0,05	0,425	0,2187	0,457	1,256	0,23	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	26	$4,2 \times 10^4$	Ausente	Ausente	4	2	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	30	$4,5 \times 10^4$	18	Ausente	18	20	64	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	1,226	-	1,283	1,267	1,046	1,172	1,152	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (mg/L)	< LD	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	NAT-CAN1253	NAT- PET377	RFO-11	NAT- LGN453	NAT-TIR1173	NFL-04	NAT- CAN447	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	-	5,02	6,1	-	5,32	5,4	5,34	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	6,2	-	-	5,51	-	-
Cálcio (mg/L)	-	1,098	0,97	-	1,358	2,33	7,078	-
Carbonato (mg/L)	-	-	0	-	-	0	-	-
Cloreto (mg/L)	-	48,8027	18,22	-	22,757	33,13	41,9889	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	137	61,5	-	145	166	137	-
Cor (uH)	-	<LD	0	-	1	2,5	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	23,558	5,83	-	22,573	16,52	58,644	-
Ferro (mg/L)	-	<LD	0,57	-	<LD	0,15	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	3,014	1,76	-	2,843	4,24	4,163	-
Magnésio (mg/L)	-	5,055	0,83	-	4,658	2,6	9,949	-
Sódio (mg/L)	-	30,72	10,63	-	23,02	24,54	22,97	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	< LD	0,07	-	< LD	0	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	-	<LD	0	-	0,7783	0	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	8,962	0	-	13,927	8,13	11,193	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	71	41,8	-	73	112	69	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	2,9114	1,66	-	2,7512	1	6,6123	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	0,543	0,35	-	0,25	0,25	0,315	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	Ausente	Ausente	-	16	Ausente	6	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	44	Ausente	-	28	Ausente	14	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	1,089	1,373	-	1,257	1,131	-	1,188	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.2 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	SJM-05-2	MAX-262	NAT- SVA2	RFO - 1	VMP*
			FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	-	7,3	6,1	6,3	-
Bicarbonato (mg/L)	-	44,8	17,265	56,52	-
Cálcio (mg/L)	-	8,37	3,345	9,73	-
Carbonato (mg/L)	-	0	< LD	0	-
Cloreto (mg/L)	-	13,25	19,3685	13,25	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	98,1	79	126,1	-
Cor (uH)	-	0	< LD	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	35,93	23,128	45,67	-
Ferro (mg/L)	-	0,16	0,015	0,05	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	3,82	2,666	2,3	-
Magnésio (mg/L)	-	3,66	3,588	5,19	-
Sódio (mg/L)	-	7,5	17,84	8,46	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0,03	< LD	0,07	-
Nitrito (mg/L N)	-	0	< LD	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	0	6,627	0,12	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	66,7	40	85,75	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	1,16	2,3798	0,66	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	0	0,133	0,05	-
			MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	Ausente	152	Ausente	Ausentes em 100 mL
			ORGÂNICOS		
Benzeno (µg/L)	-	-	1,777	-	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	-	-	< LD	-	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	-	-	< LD	-	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	-	-	< LD	-	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	PGR-13	BAR-36	PMA-18	SMT-53	PAV-57	JAN-56	CNO-446	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,3	6,86	-	-	7,6	7,7	7,5	-
Bicarbonato (mg/L)	387,35	14	-	-	496,25	439,73	443,86	-
Cálcio (mg/L)	204,28	32	-	-	153,69	142,99	146,89	-
Carbonato (mg/L)	0	0	-	-	0	0	0	-
Cloreto (mg/L)	473,82	126	-	-	235,25	150,76	354,54	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1.973,00	758	-	-	1.577,00	1.257,00	1.821,00	-
Cor (uH)	0	-	-	-	0	0	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	796,87	360	-	-	680,26	595,23	728,85	-
Ferro (mg/L)	0,19	0,6022	-	-	0,11	0,17	0,08	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	5,89	1,48	-	-	24,4	5,59	3,68	-
Magnésio (mg/L)	69,63	67,2	-	-	71,99	57,83	87,92	-
Sódio (mg/L)	170	59	-	-	90	62,16	148,65	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,01	0,0199	-	-	0	0,01	0,01	-
Nitrito (mg/L N)	0	0,0024	-	-	0,03	0	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	15,56	17,132	-	-	4,18	0,63	17,15	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1.440,00	742	-	-	976	808	1.252,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	94,97	53,5	-	-	93,11	130,35	74,49	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,05	1,4179	-	-	0	0,1	0	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	39	0	-	-	Ausente	Ausente	3	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	180	0	-	-	12	11	15	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	MOS-1797	PAV-58	GAL-01	PRZ-54	BAR-216	SBN-14	BAR-100	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	-	8,1	-	6,9	6,87	-	6,72	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	-	319,8	36	-	33	-
Cálcio (mg/L)	-	148,82	-	293,77	32	-	32	-
Carbonato (mg/L)	-	0	-	0	0	-	0	-
Cloreto (mg/L)	-	397,61	-	781,97	266	-	154	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	1.956,00	-	2.691,00	852	-	964	-
Cor (uH)	-	0	-	0	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	684,87	-	1.190,45	480	-	440	-
Ferro (mg/L)	-	0,14	-	0,09	0,4362	-	0,4202	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	15,63	-	6,62	2,47	-	1,56	-
Magnésio (mg/L)	-	79,86	-	110,93	96	-	86,4	-
Sódio (mg/L)	-	161,9	-	162,16	97,35	-	65,25	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0,01	-	0,13	0,029	-	0,0247	-
Nitrito (mg/L N)	-	0	-	0,00	0,0189	-	0,002	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	1,86	-	9,2	22,5	-	18,733	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	1.467,00	-	2.052,00	838	-	790	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	235,14	-	91,25	103,4	-	60,2	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	0,15	-	0,00	1,22	-	2,8427	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	22	-	Ausente	0	-	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	$3,3 \times 10^3$	-	Ausente	17	-	2	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	BAR-17	GUA-470	BAR-94	BAR 47	BAR-69	TIB-20	BAR 502	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,56	-	6,81	7,43	7	7,05	6,9	-
Bicarbonato (mg/L)	8	-	38	32	42	34	30	-
Cálcio (mg/L)	32	-	32	32	32	16	32	-
Carbonato (mg/L)	0	-	0	0	0	0	0	-
Cloreto (mg/L)	154	-	154	126	154	434	336	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	716,00	-	792,00	806	765	598	801	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	320	-	400	480	360	240	600	-
Ferro (mg/L)	0,8729	-	0,4875	0,4856	0,0201	0,6039	0,3884	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,28	-	1,17	1,69	1,53	5,55	2,51	-
Magnésio (mg/L)	58	-	76,8	96	67,2	48	124,8	-
Sódio (mg/L)	64,15	-	66	59,35	66,95	415,5	346,8	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0264	-	0,0306	0,0233	0,0286	0,0081	0,0307	-
Nitrito (mg/L N)	0,0023	-	0,0001	0,0018	0,001	0,0024	0,0012	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	18,016	-	15,945	18,782	18,968	7,1706	22,126	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	704	-	756	712	668	244	1752	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	51,97	-	72,75	52,83	53,97	5,106	117,1	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,009	-	3,1593	0,5208	5,5339	0,1652	0,8374	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	-	0	0	0	0	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	900	-	0	30	2	0	0	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.4 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	MOS-PS20	UPA-30	UPA-33	GDR-71	ENC-72	GDR-67	CAR-34	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	-	6,66	7,18	6,18	6,71	6,43	6,18	-
Bicarbonato (mg/L)	-	32	28	25	17	10	25	-
Cálcio (mg/L)	-	38	30	34	48	32	9,6	-
Carbonato (mg/L)	-	0	0	0	0	0	25	-
Cloreto (mg/L)	-	140	42	378	70	70	80	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	810	780	457	612	611	678	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	640	410	345	200	120	240	-
Ferro (mg/L)	-	0,1245	0,2111	0,2158	0,2413	0,0578	0,182	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	6,38	5,47	11,52	4,3	4,9	10,84	-
Magnésio (mg/L)	-	138	72	36	19,2	9,6	80	-
Sódio (mg/L)	-	23,2	20,05	126,5	59,1	99,05	40	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0,0157	0,0227	0,2803	0,1272	0,0176	0,0107	-
Nitrito (mg/L N)	-	0,0027	0,0003	0,003	0,0036	0,0025	0,0012	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	11,955	8,3143	4,4123	3,6185	3,1073	6,173	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	324	178	1624	288	340	408	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	189,56	-6,566	419,63	0,699	30,28	4,267	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	6,457	5,456	2,124	3,125	3,784	4,526	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	0	0	2	0	0	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	0	0	11	2	0	0	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.4 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	MOS-64	ABR-19	BAR-233	PAL-48	BAR-298	APO-36	APO-366	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,72	-	7,74	7,96	6,62	6,86	7,22	-
Bicarbonato (mg/L)	45	-	17	17	39	9	34	-
Cálcio (mg/L)	35	-	32	16	32	32	32	-
Carbonato (mg/L)	0	-	0	0	0	0	0	-
Cloreto (mg/L)	756	-	448	56	154	56	120	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	781	-	885	429	593	820	890	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	380	-	720	120	640	630	600	-
Ferro (mg/L)	0,2027	-	0,4476	0,015	0,4524	0,2408	0,2093	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,84	-	4,37	4,4	2,6	6,51	10,21	-
Magnésio (mg/L)	130	-	153,6	19,2	134,4	136	134	-
Sódio (mg/L)	380	-	171,9	63,15	77	42,4	38	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0218	-	0,0279	0,0121	0,0147	0,005	0,0157	-
Nitrito (mg/L N)	0,015	-	0,011	0,0014	0,0014	0,002	0,0027	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	30,147	-	22,981	38,411	4,4025	2,3936	11,955	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	2368	-	1468	276	750	184	404	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	344,7	-	135,8	4,18	185,5	3,19	0,87	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	2,156	-	2,2094	1,256	4,9534	8,458	6,895	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	2	-	0	0	110	170	14	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	1600	-	23	22	1600	300	300	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.4 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	Fonte Umarizeira	MAR 44	ALE	VMP*
		FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	-	7,21	6,66	-
Bicarbonato (mg/L)	-	38	34	-
Cálcio (mg/L)	-	48	32	-
Carbonato (mg/L)	-	0	0	-
Cloreto (mg/L)	-	140	126	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	709	523	-
Cor (uH)	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	160	480	-
Ferro (mg/L)	-	0,1894	0,2565	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	3,22	-
Magnésio (mg/L)	-	9,6	96	-
Sódio (mg/L)	-	-	65,05	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0,0133	0,0023	-
Nitrito (mg/L N)	-	0,0011	0,0115	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	29,147	2,7718	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	250	712	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	-2,544	-0,3387	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	1,258	5,684	-
		MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	0	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	2	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.5 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	ASS-66	ABE-26	ARO-62	IPA-28	FLO-49	LNO-42	CCO-50	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	-	7,5	-	7,9	-	-	-	-
Bicarbonato (mg/L)	-	57,9	-	110,27	-	-	-	-
Cálcio (mg/L)	-	13,36	-	13,03	-	-	-	-
Carbonato (mg/L)	-	0	-	0	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	-	125,91	-	51,36	-	-	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	606	-	361	-	-	-	-
Cor (uH)	-	2,5	-	0	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	69,89	-	50,53	-	-	-	-
Ferro (mg/L)	-	0,12	-	0,21	-	-	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	26,67	-	5,31	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	-	9,26	-	4,37	-	-	-	-
Sódio (mg/L)	-	80	-	50	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0	-	0	-	-	-	-
Nitrito (mg/L N)	-	0	-	0	-	-	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	0,85	-	0,22	-	-	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	412,08	-	245,48	-	-	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	34,21	-	0,93	-	-	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	0,5	-	0,12	-	-	-	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	Ausente	-	Ausente	-	-	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	Ausente	-	Ausente	-	-	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.5 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	PEN-59	CNU-63	CAI-01	SDM-1451	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS					
pH	-	-	7,7	-	-
Bicarbonato (mg/L)	-	-	429,07	-	-
Cálcio (mg/L)	-	-	114,78	-	-
Carbonato (mg/L)	-	-	0	-	-
Cloreto (mg/L)	-	-	620,86	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	2.545,00	-	-
Cor (uH)	-	-	10	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	-	-	534,49	-	-
Ferro (mg/L)	-	-	0,79	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	4,41	-	-
Magnésio (mg/L)	-	-	60,19	-	-
Sódio (mg/L)	-	-	438,71	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	0,04	-	-
Nitrito (mg/L N)	-	-	0	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	-	-	5,12	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	1.736,00	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	-	-	166,67	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	-	-	17,77	-	-
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	-	Ausente	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	-	84	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.6 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Doce

PARÂMETROS	NAT- PAJ629	NAT- LAZ620	CMI-809	NAT- NSA269	EXT-08	NAT- PAJ180	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS							
pH	5,25	5,26	5,4	4,94	-	5,9	-
Bicarbonato (mg/L)	4,316	3,237	5,51	3,237	-	9,711	-
Cálcio (mg/L)	7,976	4,597	0,19	0,638	-	6,488	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0	< LD	-	< LD	-
Cloreto (mg/L)	50,766	53,7788	19,88	85,784	-	45,752	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	228	234	89,3	315	-	241	-
Cor (uH)	< LD	< LD	7,5	3	-	1	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	62,696	74,804	0,49	11,867	-	39,805	-
Ferro (mg/L)	< LD	0,015	0,48	0,42	-	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,012	3,471	4,05	0,772	-	2,827	-
Magnésio (mg/L)	9,976	11,039	0	2,495	-	5,732	-
Sódio (mg/L)	42,91	50,42	15,39	72,204	-	37,837	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	0,7	< LD	-	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	0	< LD	-	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	14,942	17,865	0,42	4,433	-	14,104	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	115	118	60,72	158	-	121	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2,3719	2,4594	3,07	27,2893	-	2,489	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,242	0,127	2,16	-	-	0,18	-
MICROBIOLÓGICOS							
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	6	Ausente	-	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	64	38	Ausente	-	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS							
Benzeno (mg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.7 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Pirangi

PARÂMETROS	NAT- PAR118	NAT-PAR139	PNM-05	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	5,55	-	4,9	-
Bicarbonato (mg/L)	4,316	-	2,76	-
Cálcio (mg/L)	0,918	-	4,28	-
Carbonato (mg/L)	< LD	-	0	-
Cloreto (mg/L)	13,582	-	36,45	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	37	-	234	-
Cor (uH)	2	-	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	8,622	-	31,1	-
Ferro (mg/L)	< LD	-	0,13	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,348	-	4,32	-
Magnésio (mg/L)	1,537	-	4,96	-
Sódio (mg/L)	8,735	-	24,76	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	-	0,65	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	-	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,652	-	9,3	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	19	-	158	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,368	-	1,15	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,243	-	0,25	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	32	-	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	44	-	57	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (mg/L)	< LD	-	-	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	-	-	0,200 (mg/L)
o, m, p-Xileno (µg/L)	< LD	-	-	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	-	-	0,170 (mg/L)

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.8 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Maxaranguape

PARÂMETROS	MAX-215	MAX-59	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	4,3	6	-
Bicarbonato (mg/L)	0	2,76	-
Cálcio (mg/L)	0,78	0,58	-
Carbonato (mg/L)	0	0	-
Cloreto (mg/L)	33,13	23,19	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	138,5	90,2	-
Cor (uH)	2,5	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	15,55	8,25	-
Ferro (mg/L)	0,14	0,19	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,24	2,35	-
Magnésio (mg/L)	3,3	1,65	-
Sódio (mg/L)	17,95	15,63	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,85	0	-
Nitrito (mg/L N)	0	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	3,29	2,59	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	94	61,33	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,58	1	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,4	0	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	72	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,1 \times 10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.9 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Ceará - Mirim

PARÂMETROS	CMI-09	JCM-22	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	7,2	-	-
Bicarbonato (mg/L)	230,21	-	-
Cálcio (mg/L)	91,44	-	-
Carbonato (mg/L)	0	-	-
Cloreto (mg/L)	390,99	-	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1.686,00	-	-
Cor (uH)	0	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	461,61	-	-
Ferro (mg/L)	0,18	-	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	11,07	-	-
Magnésio (mg/L)	56,65	-	-
Sódio (mg/L)	166,65	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,15	-	-
Nitrito (mg/L N)	0	-	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	8,24	-	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1.046,00	-	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	61,8	-	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,4	-	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	86	-	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	102	-	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.10 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Punaú

PARÂMETROS	RFO-52	TOU 81	VMP*
		FÍSICO-QUÍMICOS	
pH	6,5	7,2	-
Bicarbonato (mg/L)	6,2	16,54	-
Cálcio (mg/L)	0,78	2,92	-
Carbonato (mg/L)	0	0	-
Cloreto (mg/L)	13,25	13,25	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	58,9	62,2	-
Cor (uH)	0	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	4,37	12,62	-
Ferro (mg/L)	0,14	0,11	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,06	2,94	-
Magnésio (mg/L)	0,59	1,3	-
Sódio (mg/L)	10	8,13	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,01	0,16	-
Nitrito (mg/L N)	0	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,31	0	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	40	42,29	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,66	0,83	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0	0	-
		MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.11 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Jacu

PARÂMETROS	NFL-02	ALE 01 - 1	VMP*
		FÍSICO-QUÍMICOS	
pH	5,8	7,4	-
Bicarbonato (mg/L)	13,78	165,42	-
Cálcio (mg/L)	2,72	30,35	-
Carbonato (mg/L)	0	0	-
Cloreto (mg/L)	49,7	33,13	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	188,4	404	-
Cor (uH)	0	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	18,46	148,69	-
Ferro (mg/L)	0,14	0,13	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	6,97	7,27	-
Magnésio (mg/L)	2,83	17,7	-
Sódio (mg/L)	30	24,54	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,03	0,07	-
Nitrito (mg/L N)	0	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,79	3,53	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	128	270	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,65	10,3	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,4	0,75	-
		MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$6,6 \times 10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$6,8 \times 10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.12 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Traíri

PARÂMETROS	SGE-01-2	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	4,8	-
Bicarbonato (mg/L)	1,38	-
Cálcio (mg/L)	2,33	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	29,82	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	159,8	-
Cor (uH)	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	24,3	-
Ferro (mg/L)	0,12	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,12	-
Magnésio (mg/L)	4,48	-
Sódio (mg/L)	18,82	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,01	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	6,75	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	108,66	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,49	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,6	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.13 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Boqueirão

PARÂMETROS	TOU-10	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	7,7	-
Bicarbonato (mg/L)	65,48	-
Cálcio (mg/L)	11,09	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	23,19	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	163	-
Cor (uH)	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	55,34	-
Ferro (mg/L)	0,13	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,12	-
Magnésio (mg/L)	6,73	-
Sódio (mg/L)	15	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,01	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	110,84	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,99	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.14 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Catu

PARÂMETROS	TBS-01	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	4,9	-
Bicarbonato (mg/L)	6,13	-
Cálcio (mg/L)	1,95	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	26,51	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	118,5	-
Cor (uH)	7,5	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	11,66	-
Ferro (mg/L)	0,21	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,92	-
Magnésio (mg/L)	1,65	-
Sódio (mg/L)	16	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,12	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	1,62	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	80,58	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,05	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$2,8 \times 10^4$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$3,2 \times 10^4$	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.15 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Curimataú

PARÂMETROS	CAM 05-1	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,6	-
Bicarbonato (mg/L)	8,27	-
Cálcio (mg/L)	1,56	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	33,13	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	133	-
Cor (uH)	2,5	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	7,77	-
Ferro (mg/L)	0,1	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	7,69	-
Magnésio (mg/L)	0,94	-
Sódio (mg/L)	18,46	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,17	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,96	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	90,44	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,2	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$8,0 \times 10^3$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,8 \times 10^3$	Ausentes em 100 mL

*VMP - Valores Máximos Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 7.16 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	BAR-36	BAR-47	BAR-69	BAR-94	VMP**
		AGROTÓXICOS			
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005 µg/L
Atrazina (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2 µg/L
Carbaril (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02 µg/L
Clordano (cis e trans) (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,1 µg/L
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,056 µg/L
Endrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004 µg/L
Glifosato (µg/L)	< 20	< 20	< 20	< 20	65 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,02 µg/L
Malation (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1 µg/L
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03 µg/L
Paration (µg/L)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04 µg/L
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1E-5	< 1E-5	< 1E-5	< 1E-5	0,009 mg/L
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	2 µg/L
2,4,5-TP (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	10 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01 mg/L
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,2 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,00065 µg/L
Simazina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2 µg/L

**VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005 – Padrão para águas classe 02.

Tabela 7.16 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	BAR-100	BAR-216	BAR-502	VMP**
AGROTÓXICOS				
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005 µg/L
Atrazina (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2 µg/L
Carbaril (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02 µg/L
Clordano (cis e trans) (µg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,1 µg/L
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,056 µg/L
Endrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004 µg/L
Glifosato (µg/L)	< 20	< 20	< 20	65 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,02 µg/L
Malation (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1 µg/L
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03 µg/L
Paration (µg/L)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04 µg/L
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1E-5	< 1E-5	< 1E-5	0,009 mg/L
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	2 µg/L
2,4,5-TP (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	10 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	0,01 mg/L
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,2 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,00065 µg/L
Simazina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2 µg/L

**VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005 – Padrão para águas classe 02.

Tabela 7.17 - Resultados das análises de agrotóxicos das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	BAR-233	BAR-298	VMP**
AGROTÓXICOS			
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	< 0,005	< 0,005	0,005 µg/L
Atrazina (µg/L)	< 0,01	< 0,01	2 µg/L
Carbaril (µg/L)	< 0,02	< 0,02	0,02 µg/L
Clordano (cis e trans) (µg/L)	< 0,02	< 0,02	0,04 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	< 0,06	< 0,06	0,1 µg/L
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	< 0,002	< 0,002	0,002 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	< 0,009	< 0,009	0,056 µg/L
Endrin (µg/L)	< 0,003	< 0,003	0,004 µg/L
Glifosato (µg/L)	< 20	< 20	65 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	< 0,01	0,01 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	< 0,05	< 0,05	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	< 0,003	0,02 µg/L
Malation (µg/L)	< 0,01	< 0,01	0,1 µg/L
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	< 0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	< 0,01	0,03 µg/L
Paration (µg/L)	< 0,04	< 0,04	0,04 µg/L
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1E-5	< 1E-5	0,009 mg/L
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	< 0,005	2 µg/L
2,4,5-TP (µg/L)	< 0,005	< 0,005	10 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	<0,001	<0,001	0,01 mg/L
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	0,2 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	< 0,005	0,00065 µg/L
Simazina (µg/L)	< 0,05	< 0,05	2 µg/L

**VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005 – Padrão para águas classe 02.

7.2 Análise dos Resultados em Desacordo com os Limites Legais

Em todo território do Rio Grande do Norte foram distribuídos, inicialmente, mais de 100 pontos de coleta de água subterrânea. O critério principal adotado na implantação da redes de monitoramento de qualidade da água para as análises básicas foi a cobertura mais ampla possível da área do Estado. Ao longo do desenvolvimento das campanhas de campo, alguns poços foram eliminados da rede de monitoramento por vários motivos, destacando-se: dificuldade de acesso, desativação, ausência de manutenção, dentre outros.

Dos poços previstos para amostragem qualitativa na campanha realizada no segundo semestre de 2011, alguns poços não ofereceram condições de coleta de amostras de água.

Os registros das análises realizadas indicam o não atendimento aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº396/2008 para vários parâmetros analisados. Isto pode ser atribuído a contribuição antrópica, as diferenças geoquímicas, metodologia analítica e as condições de amostragem.

O monitoramento da água tratada não é o foco do Programa Água Azul, mas as alterações observadas na qualidade da água subterrânea devem ser usadas como subsídio para a sua gestão. A análise das violações dos resultados físico-químicos e microbiológicos são apresentadas nas figuras 7.1 a 7.13. Neste relatório o nitrato será alvo de considerações em um item à parte dada a sua importância como parâmetro indicador de contaminação.

A segunda campanha de água subterrânea realizada em 2011 manteve a tendência de violação dos parâmetros sólidos totais dissolvidos, sódio, ferro e cloreto para os poços monitorados na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, conforme pode ser observado nas figuras 7.1 a 7.4.

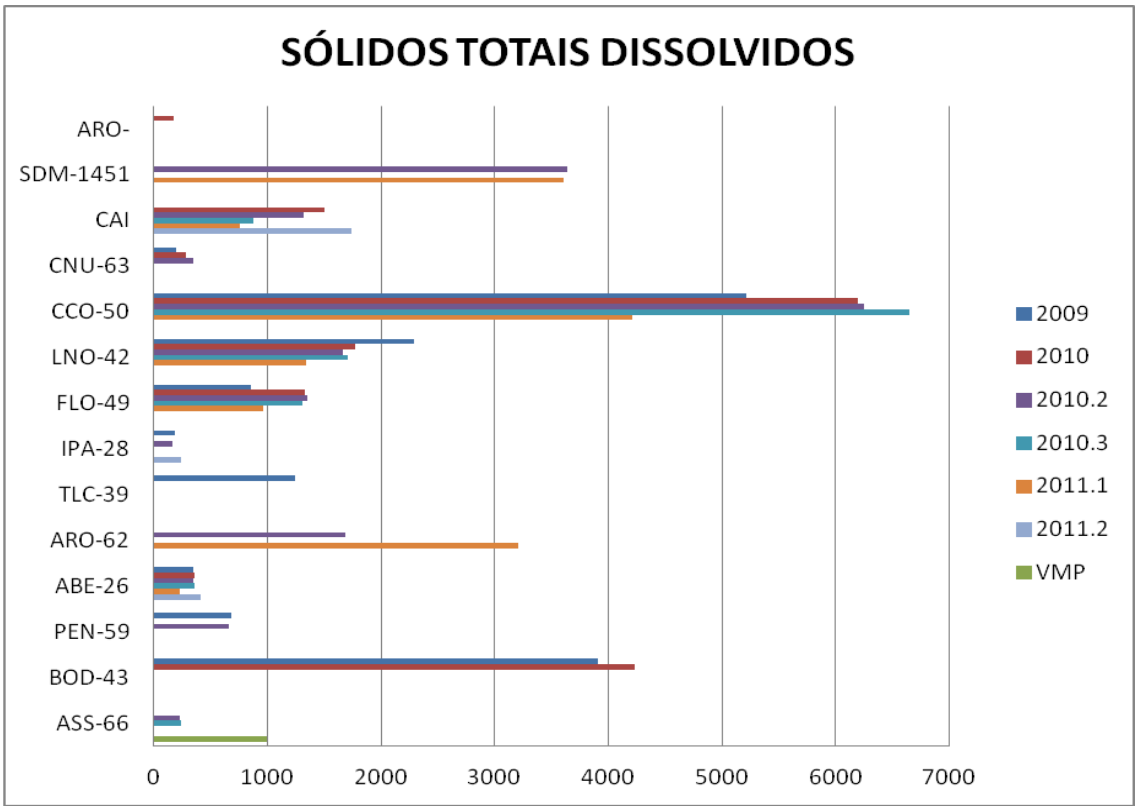

Figura 7.1 - Concentração dos sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

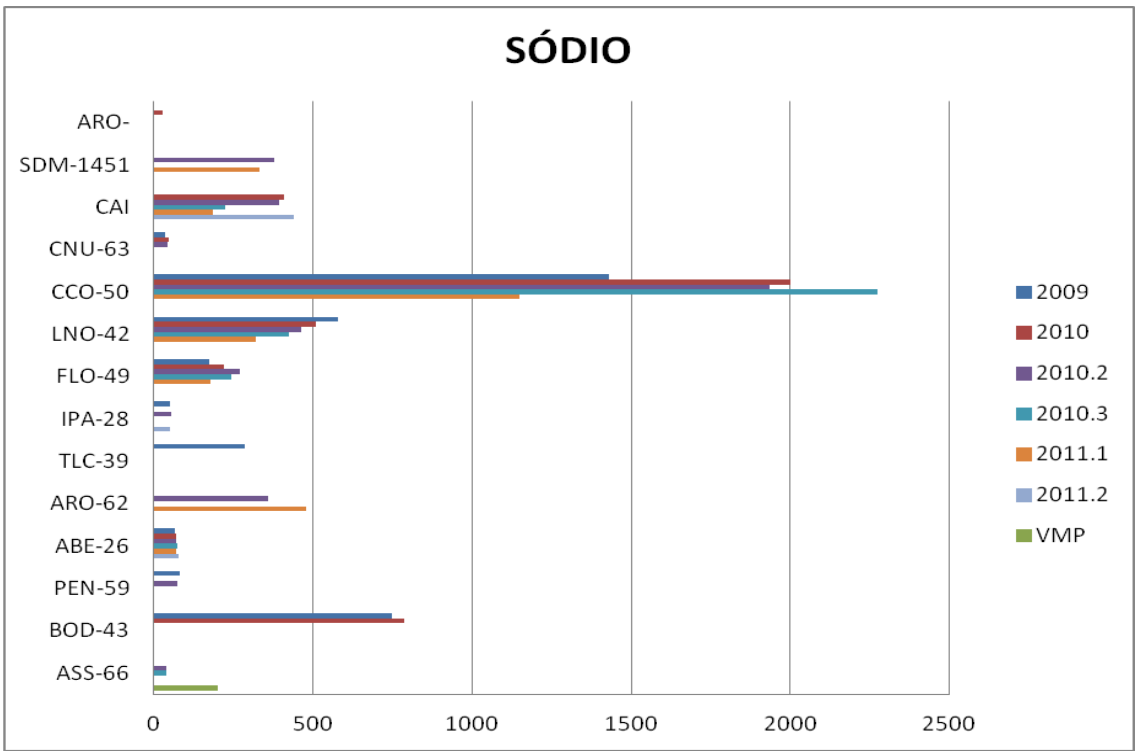

Figura 7.2 - Concentração do íon sódio (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

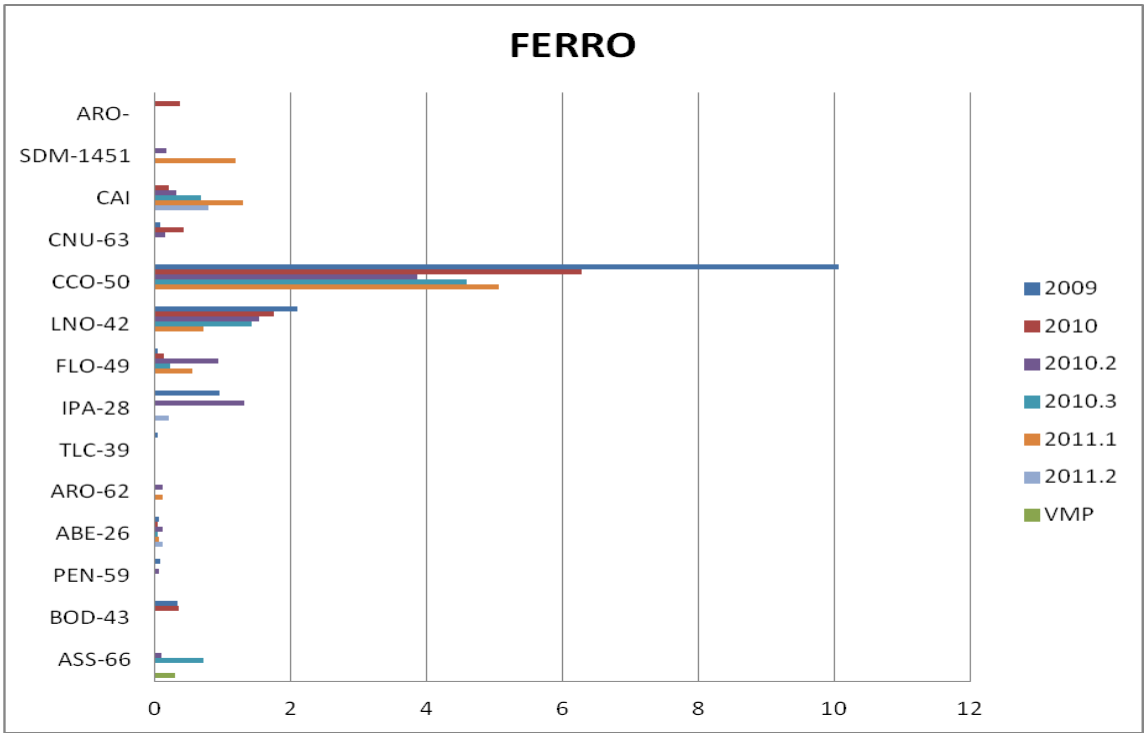

Figura 7.3 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

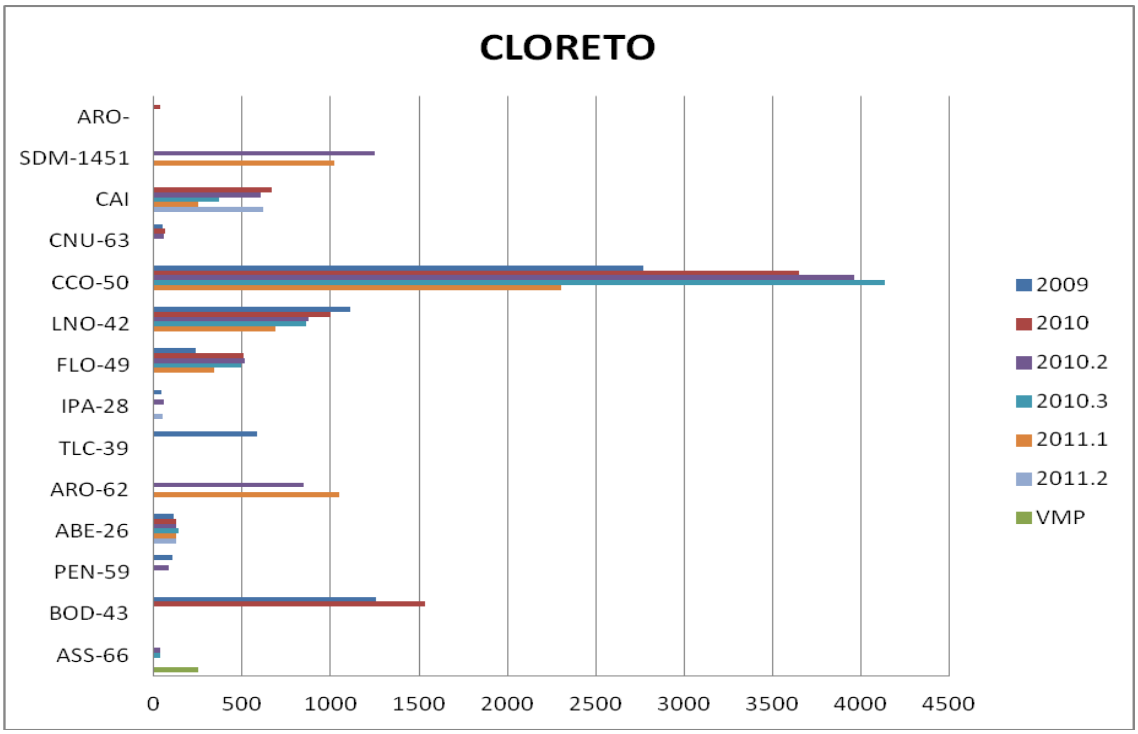

Figura 7.4 - Concentração do ion cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Os poços monitorados na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso, localizados nos municípios de Maxaranguape e Rio do Fogo, apresentaram concentração de ferro acima do VMP, sendo que o poço de Rio do Fogo tem registrado, ao longo do monitoramento, uma tendência à elevação (Figura 7.5).

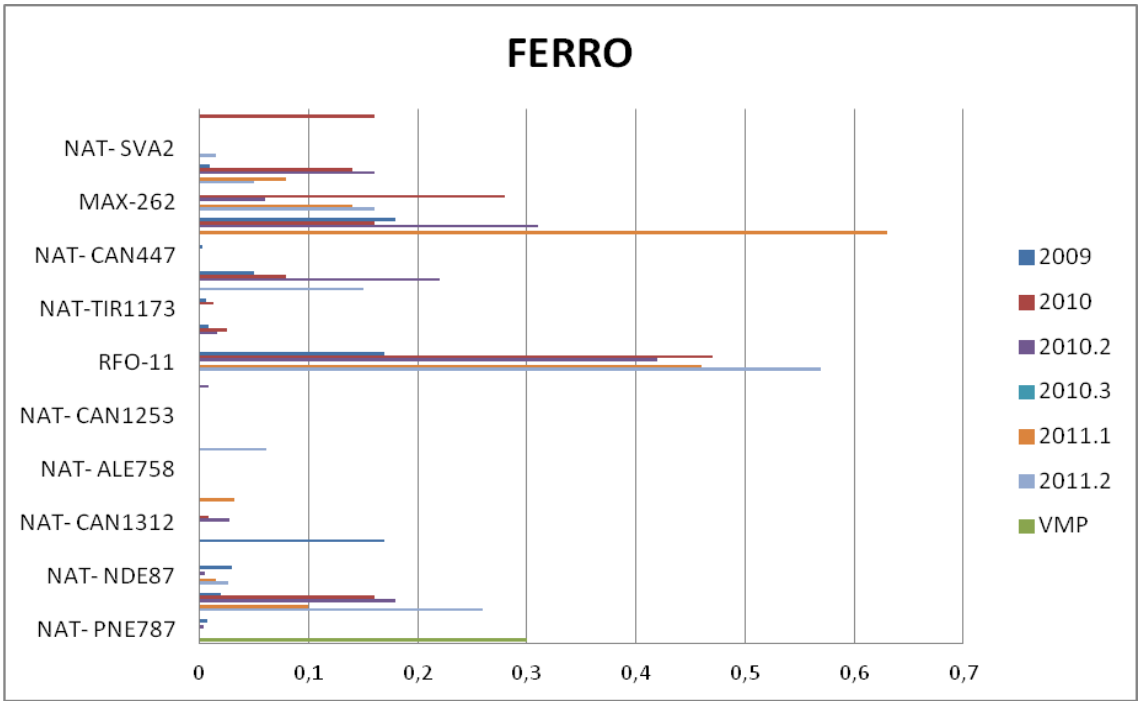

Figura 7.5-Concentração do ion ferro (mg/L) nos poços
da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

A campanha de monitoramento realizada no segundo semestre de 2011 confirmou a alternância dos valores dos parâmetros monitorados quanto ao VMP para os poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso e da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró. Os limites máximos permitidos foram violados para o cloreto, sólidos totais dissolvidos e ferro em grande parte dos poços monitorados. Essa tendência pode ser verificada nas figuras 7.6 a 7.11.

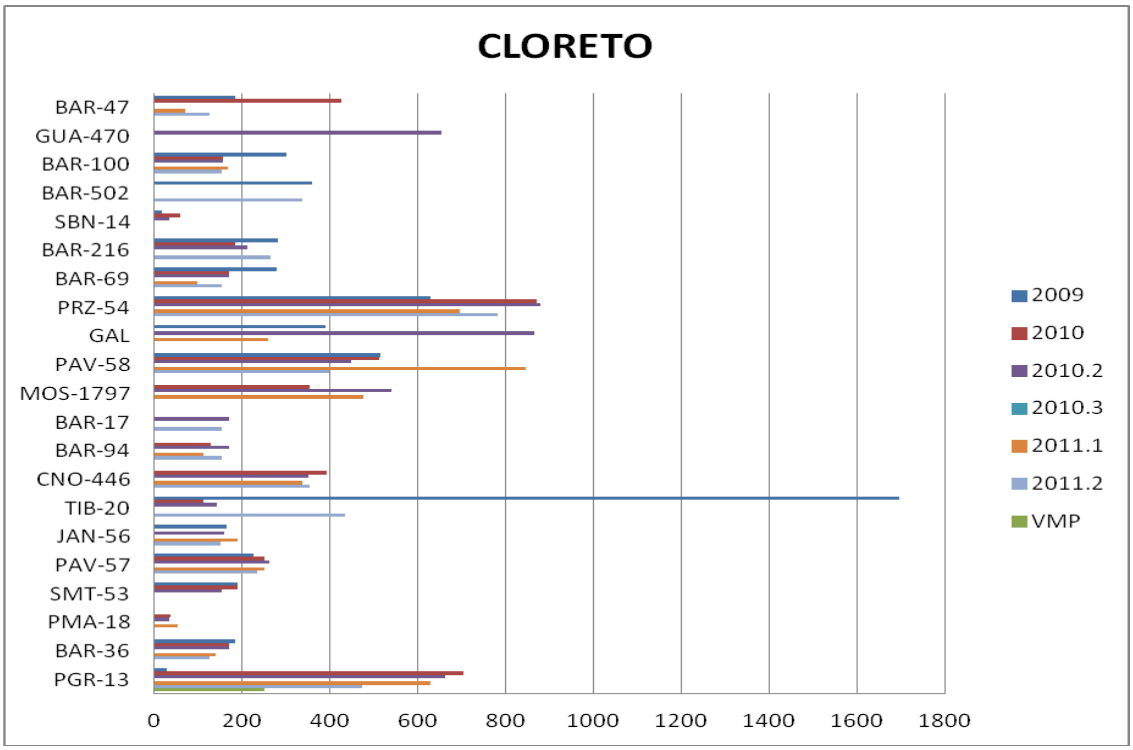

Figura 7.6 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

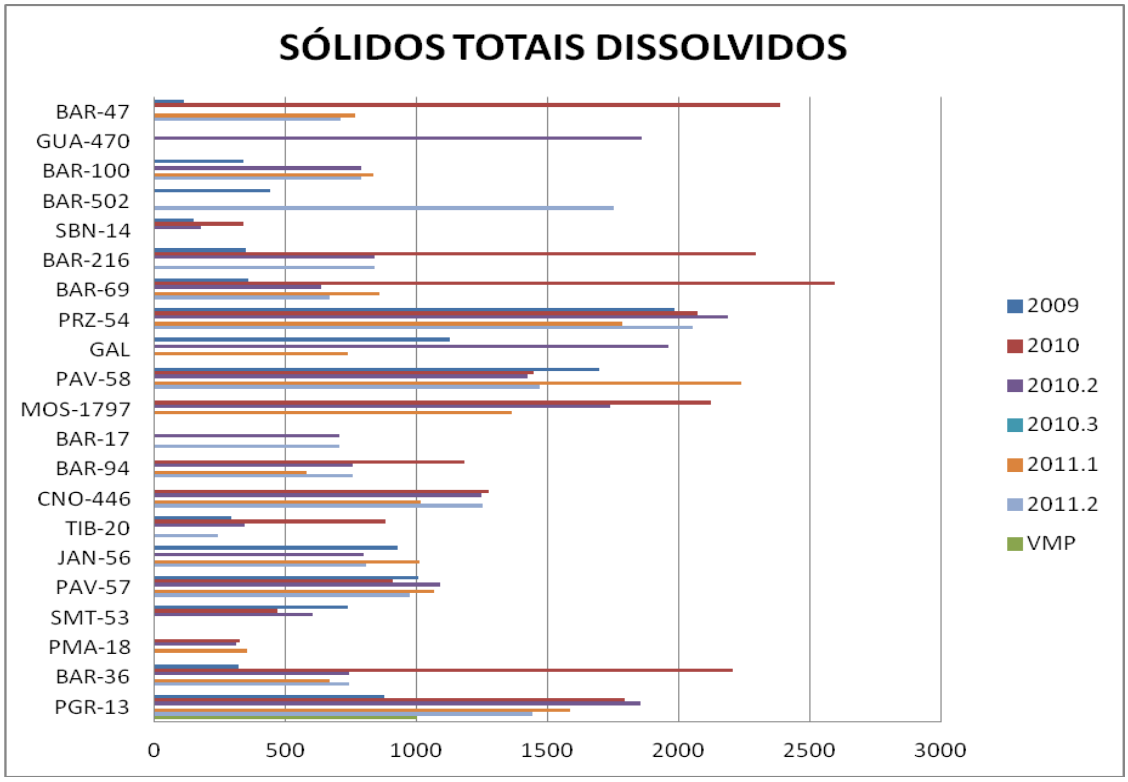

Figura 7.7 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

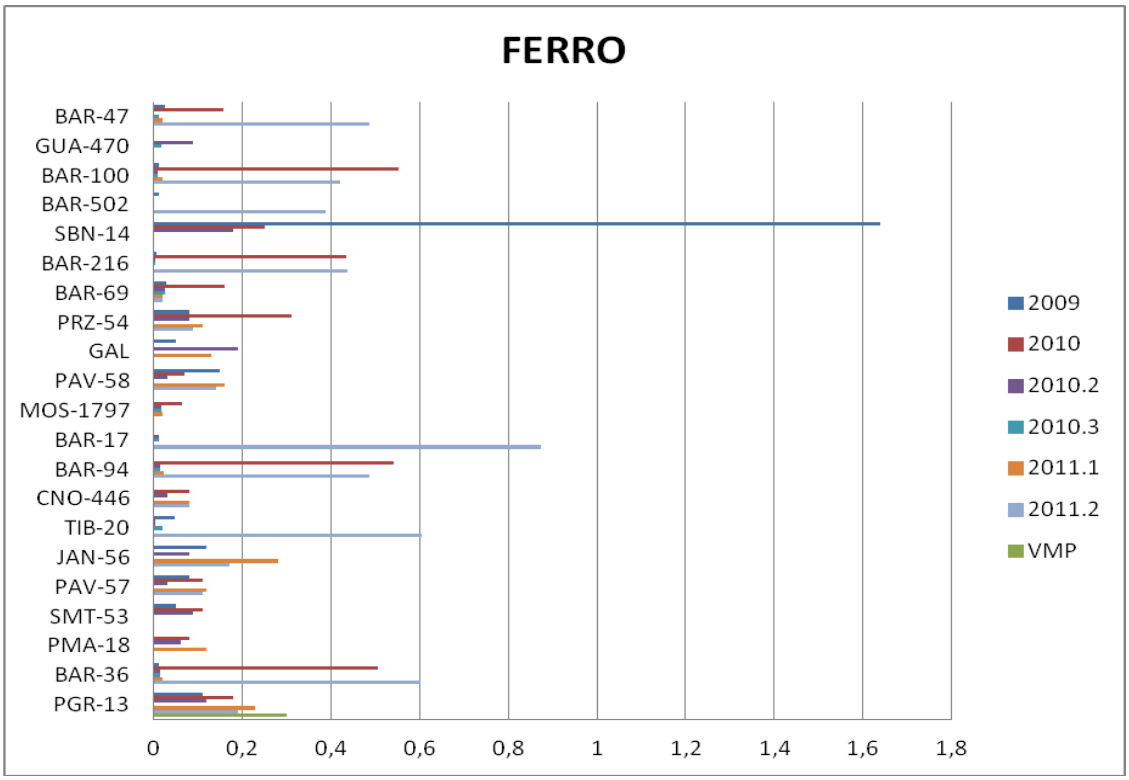

Figura 7.8 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

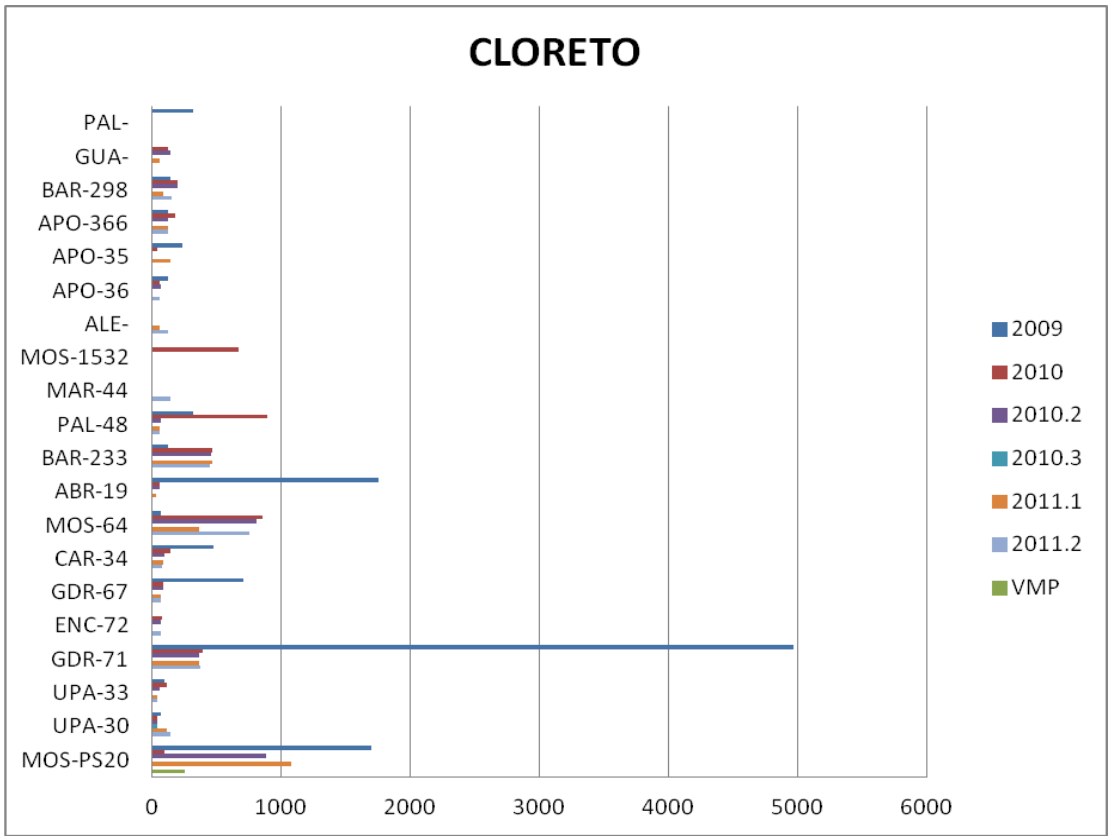

Figura 7.9 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

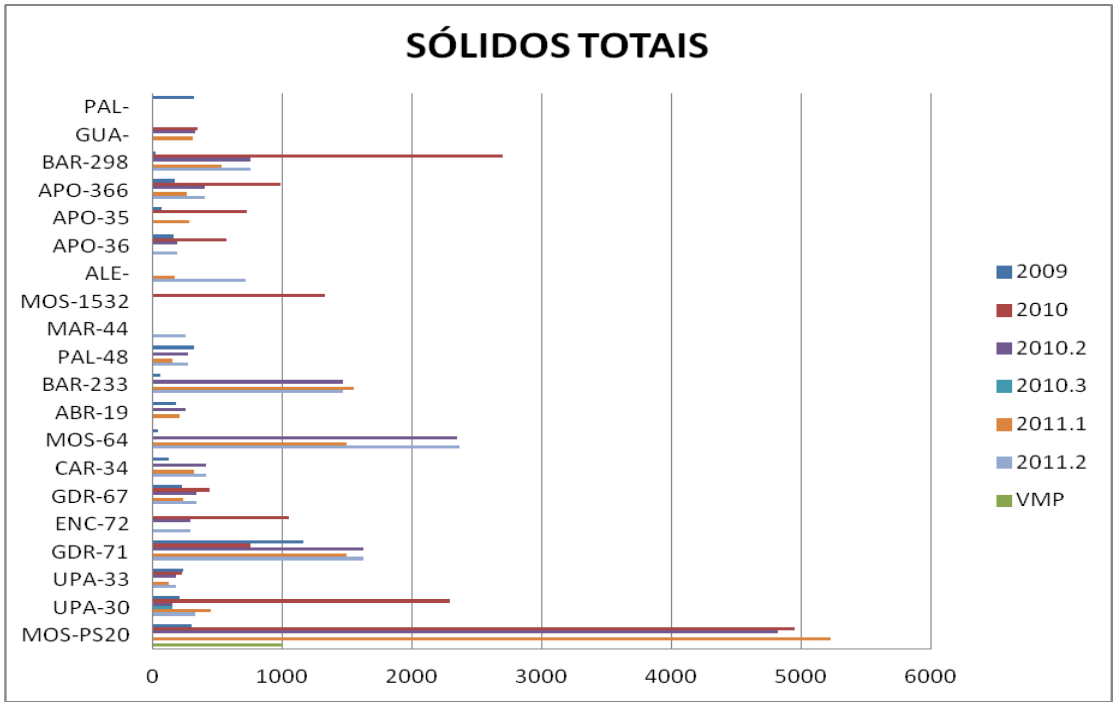

Figura 7.10 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

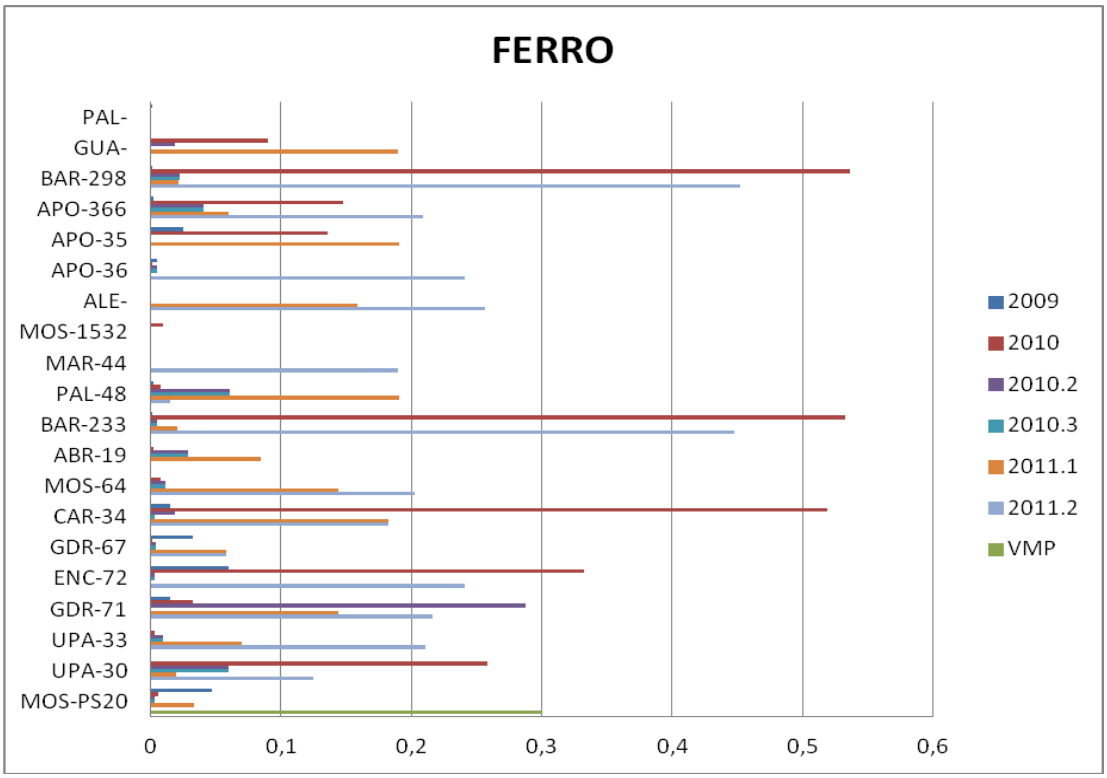

Figura 7.11 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Nas demais bacias hidrográficas não ocorreram violações aos limites estabelecidos para os parâmetros analisados, exceto o íon nitrato nas bacias hidrográficas Doce e Pirangi e o íon ferro na bacia hidrográfica Doce.

8.1 POÇOS COM CONCENTRAÇÃO DE NITRATO ACIMA DO LIMITE PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 PARA CONSUMO HUMANO.

O íon nitrato é um parâmetro afetado diretamente pela atividade antrópica. Concentrações de nitrato superiores a 10mg/L N evidenciam que a água é imprópria para o consumo humano a atividades de recreação. Uma quantidade significativa de poços apresentaram valores altos de concentração do nitrato. Estes poços estão localizados nas bacias hidrográficas Potengi, Pirangi, Apodi-Mossoró, Doce, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso.

As peculiaridades de cada bacia tendem a indicar a origem dessa contaminação. Entretanto, as contribuições difusas, com destaque para a ausência de esgotamento sanitário, são

as principais causas da contaminação das águas subterrâneas pelo íon nitrato. Associado a presença de bactérias do grupo coliformes e cloreto, este parâmetro permite a indicação de poluição com esgotos ou fezes humanas ou de animais. As rochas sedimentares apresentam processo de biodegradação mais importante para a contaminação de poços rasos quando se encontram próximos as fontes contaminantes.

Nas tabelas apresentadas no item 7.1 estão os resultados que indicam a presença de impactos associados à qualidade da água dos poços, incluindo a concentração do nitrato acima do limite aceitável. Essas águas possuem usos diversos, incluindo o consumo humano. As figuras 8.1 a 8.6 indicam a concentração de nitrato dos poços, por bacia hidrográfica.

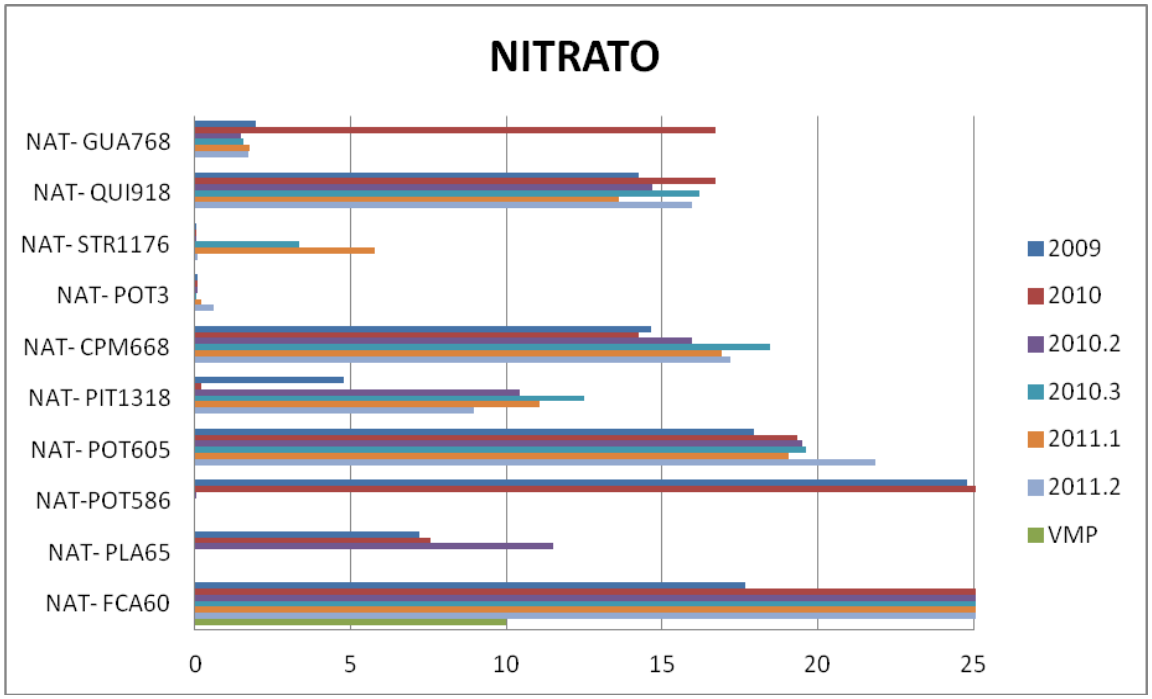

Figura 8.1 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Potengi

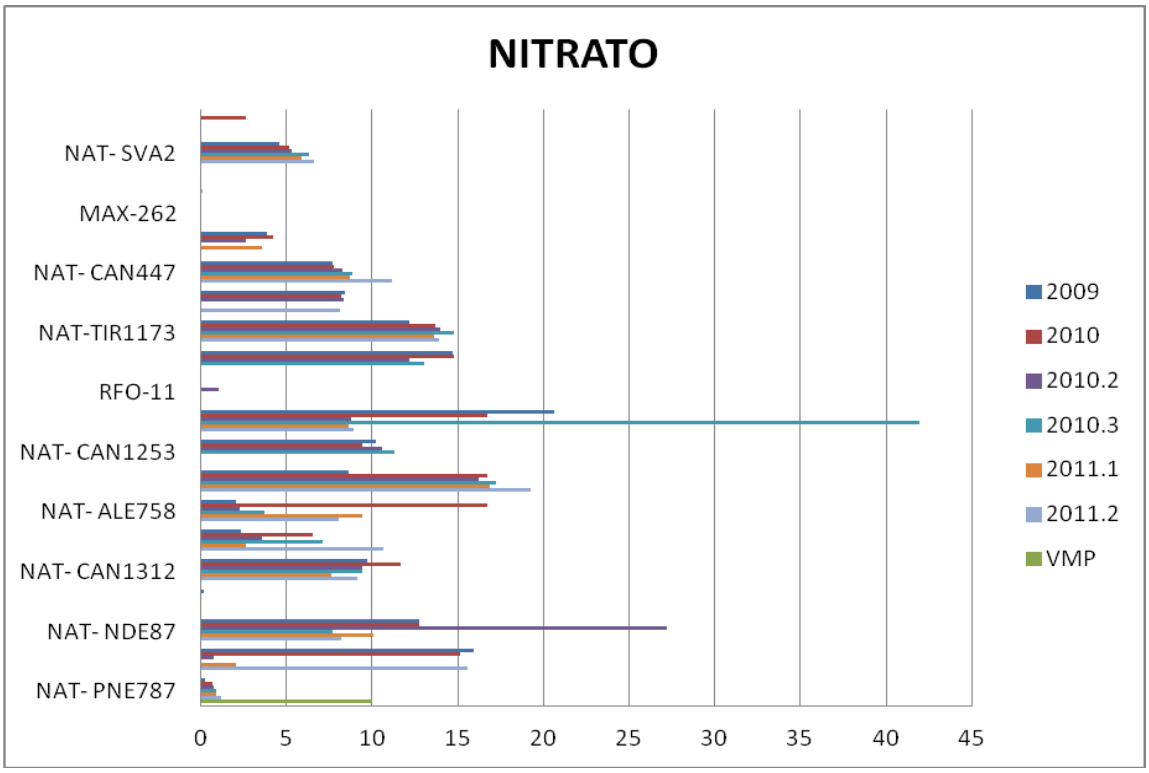

Figura 8.2 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Faixa Litoranêa Leste de Escoamento Difuso

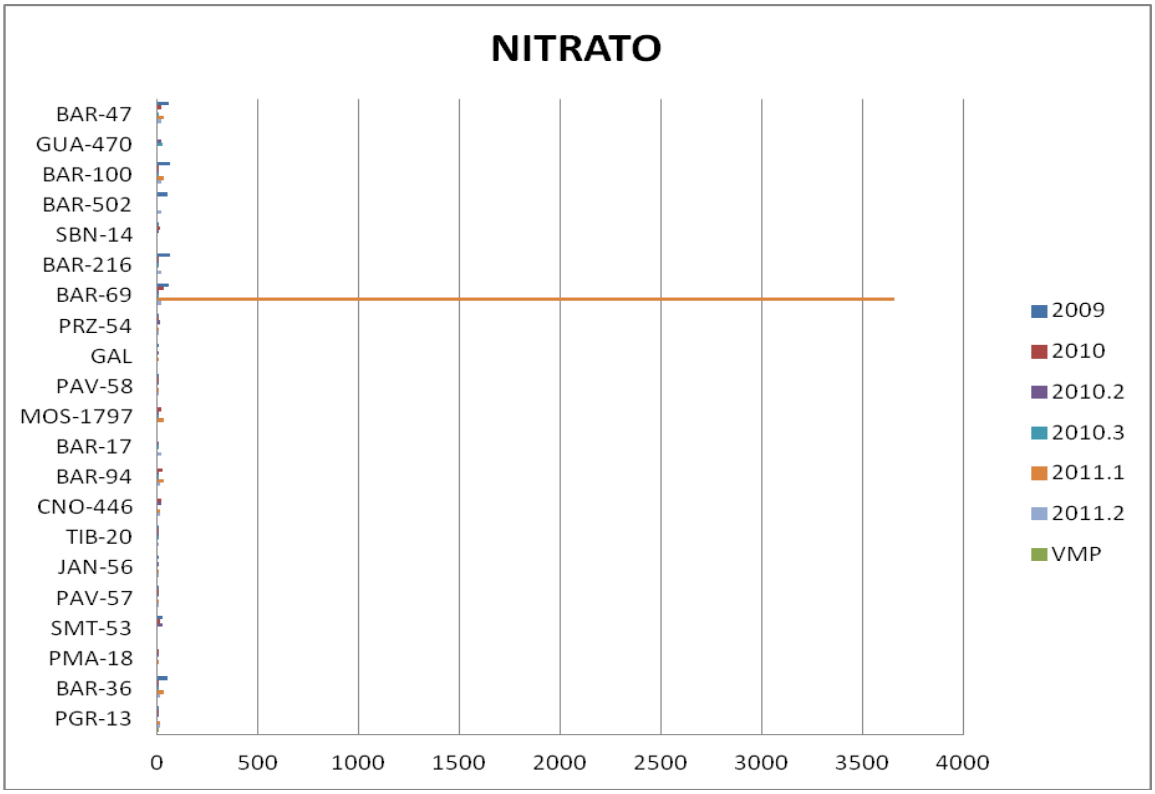

Figura 8.3 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

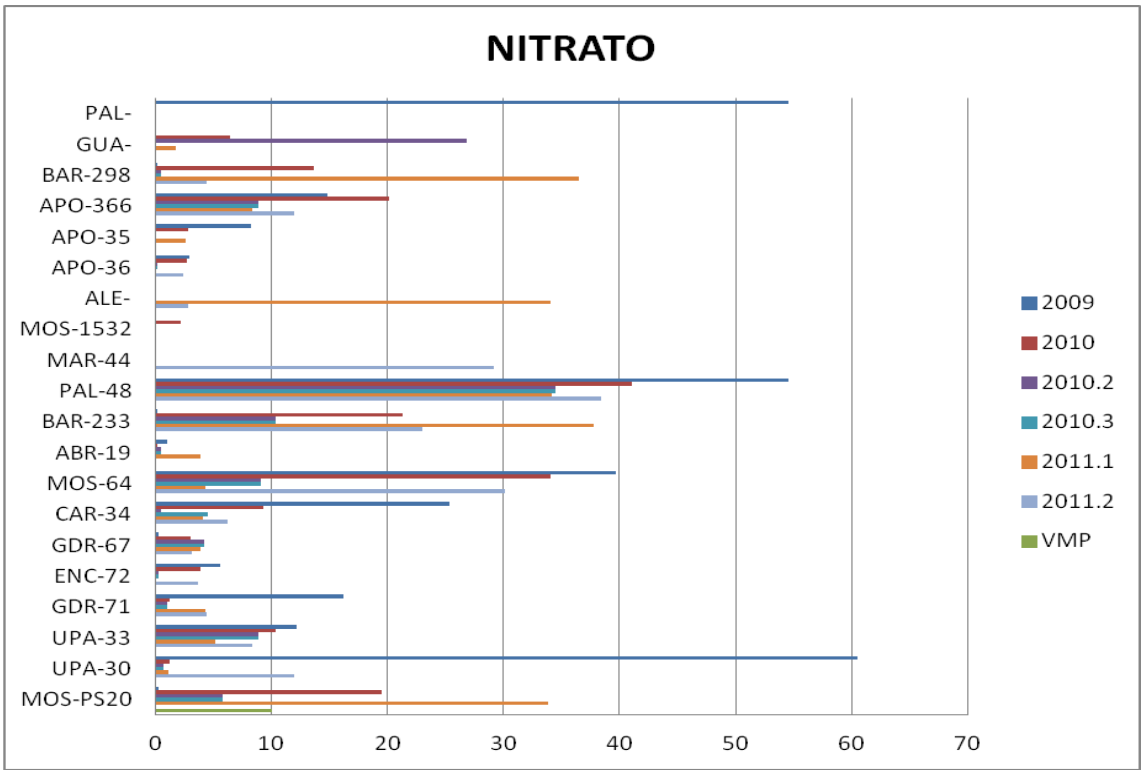

Figura 8.4 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

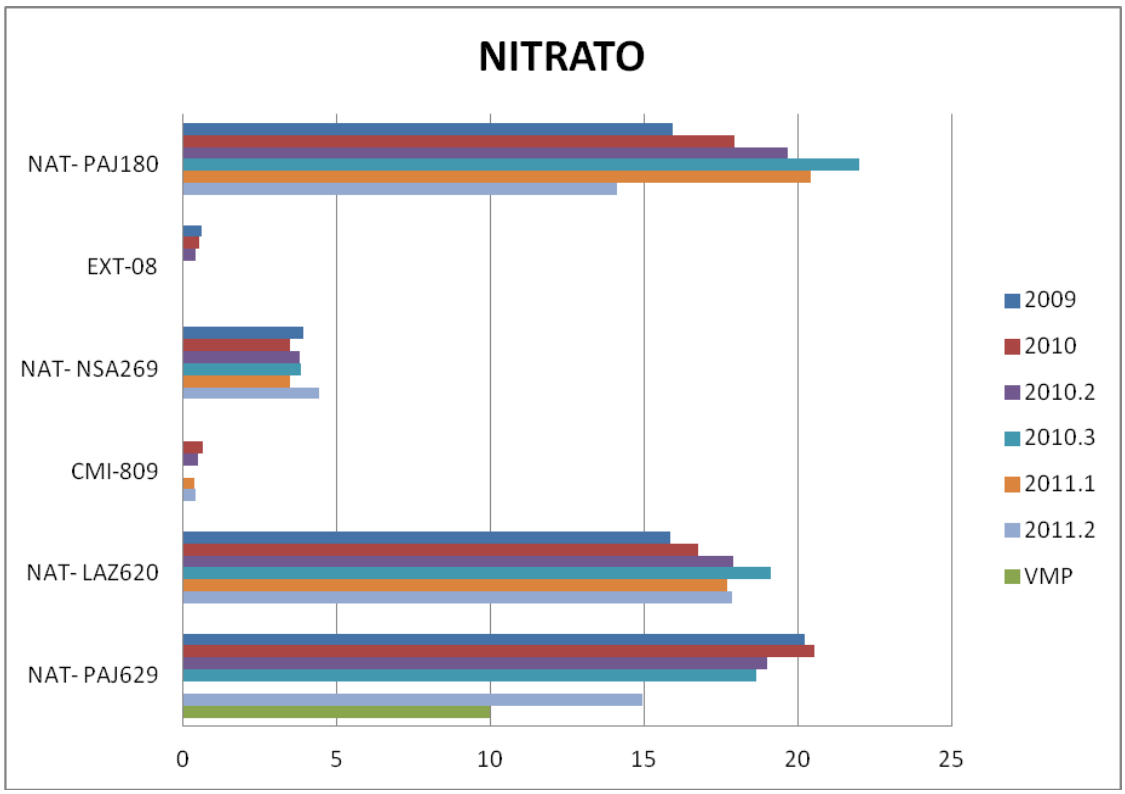

Figura 8.5 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Doce

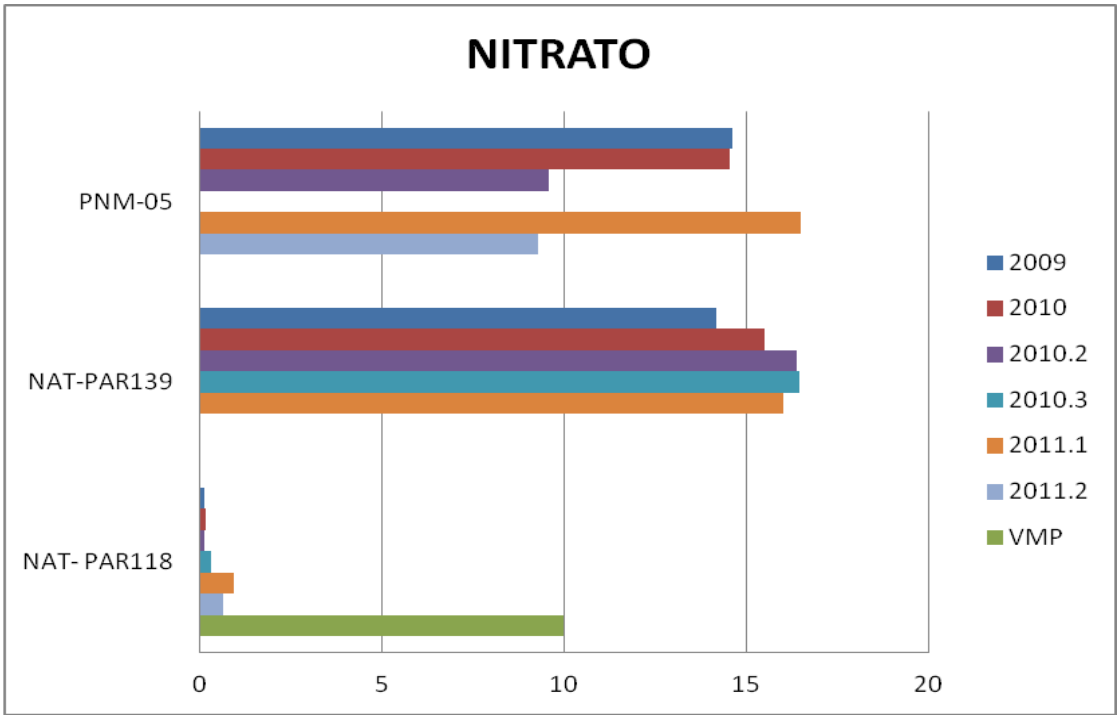

Figura 8.6 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Pirangi

8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS

As não conformidades observadas nos poços monitorados durante a segunda campanha do ano de 2011 com relação aos indicadores microbiológicos, coliformes totais e coliformes termotolerantes, são significativas.

De acordo com a legislação vigente, a água utilizada para beber e preparar alimentos deve ser isentas de microorganismos patogênicos como bactérias, protozoários ou vírus, uma vez que estes podem causar as doenças transmitidas por alimentos.

No segundo semestre de 2011 permaneceram sem presença de bactérias os poços das bacias hidrográficas Maxaranguape, Punaú, Trairí e Boqueirão, mas não deve ser desconsiderada a obrigatoriedade da desinfecção.

Para reforçar a proteção dos poços, é recomendada a definição de um perímetro de proteção. Também é necessária a orientação ao usuário sobre o manuseio correto durante o bombeamento ou a desinfecção do poço. A ausência de manutenção dos poços também tem sido um ponto importante para o comprometimento da qualidade da água.

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS

Apenas os poços do município de Baraúna foram amostrados para determinação da presença de agrotóxicos. As tabelas 7.15 a 7.16 apresentam estes resultados.

As características do aqüífero, a porosidade do solo e a pluviosidade anual influenciam diretamente na possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, de acordo com a Agência Americana de Proteção Ambiental – EPA. Além destes fatores, devem ser destacada como importantes a solubilidade em água, o coeficiente de adsorção à matéria orgânica, a meia vida no solo e a meia vida na água. Atualmente, a produção de agrotóxicos tem feito uso prioritário dos princípios ativos com meia-vida curta, permitindo que o processo de degradação sejamais rápido. Entretanto, as características do solo é um fator de grande influência na biodegradação do ingrediente ativo desses compostos e, portanto, não é possível afirmar que a meia-vida do princípio ativo obedeça exatamente o período informado na ficha técnica do produto.

De acordo com os resultados obtidos, não há evidências de contaminação da água por agrotóxicos, mas isto é uma afirmação que se refere tão somente às coletas realizadas no segundo semestre de 2011. Existe a possibilidade de contaminação anterior e a coleta ter sido feita posteriormente a um intervalo de várias meias-vidas.

8.4 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS BTEX

A contaminação da água subterrânea por hidrocarbonetos monoaromáticos derivados de petróleo pode ocorrer por processos de volatilização, adsorção, dissolução ou biodegradação, cuja mobilidade pode ser aumentada quando misturados a solventes orgânicos oxigenados. BTEX, são exemplos destes hidrocarbonetos monoaromáticos. As instalações que fazem uso dos BTEX, tais como pátios de armazenagem de derivados de petróleo, oleodutos, oficinas mecânicas e postos de combustíveis são considerados fontes potenciais de contaminação, especialmente se apresentarem vazamentos. De acordo com os resultados obtidos nesta campanha de monitoramento, nenhum dos poços monitorados apresentaram não conformidades com a norma legal.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados do monitoramento do Programa Água Azul evidenciam que a atividade antrópica tem sido o vetor de maior importância para a perda da qualidade da água subterrânea.

Decorridos quatro anos de execução do programa, com seis campanhas realizadas, é necessária a adoção de algumas ações importantes no intuito de proteger estas águas, que se caracterizam como insumo fundamental para todas as atividades desenvolvidas nas bacias monitoradas.

Para que estas ações possam ser efetivadas há necessidade de conscientizar os usuários sobre a importância da água como recurso estratégico para a sua sobrevivência, com a recomendação do uso racional e do reuso da água.

O Estado do Rio Grande do Norte não pode prescindir da água subterrânea para o seu desenvolvimento e esta característica deve marcar a gestão dessa água como prioridade na elaboração de políticas públicas. .

Os parâmetros nitrato e coliformes termotolerantes têm, reiteiradamente, apresentado não-conformidades com os padrões legais, e os valores refletem basicamente a não delimitação de áreas de proteção dos poços, a ausência de esgotamento sanitário e o manejo inadequado.

Por outro lado é importante ressaltar que o Programa Água Azul não tem como objetivo o monitoramento de água tratada e não utiliza poços dedicados exclusivamente ao monitoramento. Desse modo, a interpretação dos resultados, em alguns casos, pode ser comprometida em decorrência da mistura de águas com tempos de residência ou evoluções hidrogeoquímicas diferentes. A freqüência do monitoramento é outro aspecto a ser considerado.

A partir dos resultados obtidos até o momento, é possível afirmar a necessidade de futura alteração de alguns parâmetros para poços específicos, de modo a ser contemplada as peculiaridades da área próxima a estes poços.

As evidências objetivas obtidas com os resultados da campanha objeto deste relatório permitem destacar as ações, já informadas nos relatórios anteriores, imprescindíveis para a preservação da água subterrânea, e que incluem a instalação ou ampliação da rede de esgoto; o acompanhamento o lançamento dos efluentes domésticos e/ou industriais; a redução do número de imóveis na área do entorno quando não estiver disponível um sistema de coleta e tratamento de efluentes; a definição de normas técnicas para o manuseio de substâncias químicas tóxicas e a escolha correta da área para destinação de resíduos sólidos.

Não é por demais relembrar que a água subterrânea, apesar de “invisível” não deve ser negligenciada e que a sua proteção quanto aos aspectos quali-quantitativos deve fazer parte de uma gestão participativa e responsável de todos os atores sociais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albinet, M. e J. Margat. 1970. "Cartographie de la vulnerabilite a la pollution des nappes d'eau souterraine." *Bulletin BRGM 2nd Series* 3(4): 13–22. Orleans, França.

Feitosa, F. A. C.; Filho, J. E. (1997). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**.** Fortaleza: CPRM, LABHID, UFPE.

Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

American Public Health Association - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed.. New York. 1998.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Resolução Nº 396, de 08 de abril de 2008. Publicado no D.O.U. nº 53, de 08/04/2008.

Corseuil, H.X. & Alvarez, P. 1996. Implications of the presence of ethanol on intrinsic bioremediation of BTEX plumes in Brazil. Hazardous materials, 13 (2): 213-221.

Teixeira, W; Toledo; M. C. M; Fairchild, T. M; Taioli; F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos. P 115. 2000

Haertle, A.. "Method of working and employment of EDP during the preparation of groundwater vulnerability maps." 1983

Foster, S. S. D. e R. Hirata.. "Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data." WHOPAHO/ HPE-CEPIS Technical Manual. Lima, Peru. 1988

Foster, S. S. D. "Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy." Proceedings of International Conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Noordwijk, Países Baixos. 1987

Poulsen, M.; Lemon, L. & Barker, J. 1992. Dissolution of Monoaromatic Hydrocarbons into Groudwater from Gasoline – Oxigente mistures. *Environ. Sci. Technol.* Vol. 26, 2483-2489.

Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: Organizadores: Carlos Jesus Brandão...[ET AL.}. – São Paulo:CETESB:Brasília: ANA, 2011.