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
2º RELATÓRIO PARCIAL

NATAL, MAIO DE 2011

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 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos 14
3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas 15
3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos 15
4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO RIO GRANDE DO NORTE 16

5.0 A LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 19

6.0 MATERIAIS E MÉTODOS 20

6.1 - Área Geográfica do Estudo 20

6.3 – Rede de Monitoramento 20
6.4 – Coletas e Análises 21
6.3.1 Coletas 22

7.0 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 23

8.1 POÇOS COM CONCENTRAÇÃO DE NITRATO ACIMA DO LIMITE PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA 396/08 PARA CONSUMO HUMANO. 56

8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS 60

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS 61

8.4 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS BTEX 61

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 62

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 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 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 Curimataú

Tabela 7.15 - Resultados 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

VMP – valor máximo permitido

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

uH – unidade Hazen

uT – unidade de turbidez

µS/cm – microsiemens/cm

$CaCO_3$ – carbonato de cálcio

Mg – magnésio

Fe – ferro

mg/L – miligramas por litro

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

O Programa Água azul é um trabalho conjunto de diversas instituições do Estado do Rio Grande do Norte, cujo objetivo é obter informações qualitativas sobre os corpos de água subterrâneos e superficiais.

Este relatório objetiva disponibilizar as informações sobre a qualidade da água subterrânea no Rio Grande do Norte, discutindo os aspectos de vulnerabilidade e proteção desse recurso hídrico. O Programa Água Azul monitora poços públicos e privados e a informação produzida pelo monitoramento tem enorme importância para o efetivo gerenciamento dos recursos hídricos e compreensão do comportamento hidrogeológico desses mananciais.

Neste contexto, o segundo relatório consolida de forma sistematizada as informações produzidas durante a primeira campanha de campo de 2010. A leitura deste relatório permitirá o conhecimento da metodologia adotada e servirá como subsídio à implementação de ações específicas, que possibilitem acompanhar a evolução da qualidade das águas subterrâneas ao longo do tempo, identificando as prioridades de ação no controle da poluição desses mananciais.

1.0 INTRODUÇÃO

A relação do homem com o meio ambiente transforma o espaço e produz alterações diversas. O desenvolvimento de novas tecnologias e dos processos produtivos gerou o surgimento de novas necessidades para o homem e aumentou de modo considerável a demanda por recursos naturais.

Inserido nesse cenário, o Estado do Rio Grande do Norte possui, atualmente, propostas diversificadas de investimentos e produtos para os mercados local, nacional e internacional, que trazem possibilidades de crescimento econômico. Esses fatores desencadeiam grandes inversões de capital e a água é um dos recursos naturais mais atingidos.

Considerando que a capacidade de renovação dos recursos hídricos subterrâneos não acontece no mesmo ritmo da sua explotação, os processos de contaminação comprometem de forma significativa a quantidade de água disponível para os mais diversos usos.

Apesar do aumento do uso, as informações disponíveis sobre os mananciais subterrâneos são poucas e, em geral, não permitem o seu manejo correto. O monitoramento das águas subterrâneas é, portanto, essencial à resolução ou minimização de impactos ambientais causados aos recursos hídricos.

O monitoramento inclui a avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços tubulares, poços amazonas e fontes naturais distribuídos em vários municípios do Estado do Rio Grande do Norte, em terrenos aluvionares, sedimentares e do cristalino, identificando possíveis contaminações e o potencial de risco à saúde humana, com base na Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008 e Portaria nº 518, de 25 de março de 2005, do Ministério da Saúde, visando o bem estar da sociedade, o conhecimento das características das águas subterrâneas e a sua proteção e uso racional em atendimento à Lei Estadual nº 6.908, de 01 de julho de 1996, auxiliando no desenvolvimento dos instrumentos de gestão, fornecendo subsídios para decisões e ações relativas ao gerenciamento ambiental.

Dando prosseguimento ao monitoramento das águas subterrâneas, definido no escopo do Programa Água Azul, foi realizada uma campanha de coleta de amostras no primeiro semestre de 2010 a fim de identificar possíveis alterações na qualidade da água. A campanha foi realizada no período de março a maio. Os trabalhos de campo foram realizados pelo IGARN e UFRN, e as análises químicas, físicas e microbiológicas nos laboratórios da EMPARN, UFRN e UERN.

Este Relatório apresenta a metodologia e os resultados consistidos da primeira campanha de monitoramento realizada no ano de 2010, nas seguintes bacias hidrográficas: Potengi, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Doce, Pirangi, Maxaranguape, Curimataú, Ceará-Mirim, Punaú, Jacu,

Traíri, Boqueirão, Curimataú, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso. Foram monitorados 29 parâmetros de qualidade, incluindo os microbiológicos, físicos e químicos.

2.0 OBJETIVO

O objetivo do Programa Água Azul é realizar o monitoramento das águas subterrâneas do Estado do Rio Grande do Norte, para conhecer a qualidade da água dos mananciais subterrâneos locais e os pontos potenciais de contaminação, a fim de subsidiar a elaboração de políticas públicas adequadas ao aproveitamento desses recursos.

A partir dos resultados obtidos no monitoramento, o Programa Água Azul alimenta um banco de dados com as informações dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Essas informações também devem servir como base para o estabelecimento de índices de vulnerabilidade das águas subterrâneas e para subsidiar os processos de outorga de direito de uso de água e licenciamento ambiental.

3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos

A água recobre 2/3 da superfície terrestre sendo, portanto, a substância mais abundante do planeta. Apenas 2,5% são águas doces e estão distribuídos entre as calotas polares com 68,9%, os aqüíferos 29,9%, rios e lagos 0,3% e outros reservatórios 0,9%.

É um recurso natural de fundamental importância para a manutenção da vida e para o desenvolvimento econômico nos mais variados segmentos. A água subterrânea é aquela que se infiltra nos solos e nas rochas, caminhando até o nível hidrostático. É crescente a utilização da água subterrânea uma vez que a sua qualidade apresenta menor influência diante das variações climáticas e possui uma proteção natural contra os agentes de poluição.

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH:

> Os aqüíferos são corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (CNRH 2001, Resolução N° 16)

Os aqüíferos podem ser classificados como porosos, fissurais e cársticos. Os aqüíferos porosos ou granulares são aqueles compostos de rochas sedimentares; os fissurais são compostos por rochas cristalinas ígneas, ou sedimentares silitificadas, constituído por granitos e/ou rochas metamórficas; e finalmente os aqüíferos cársticos, que estão associados à dissolução de calcários ou a arenitos cimentados por carbonato de cálcio, formando cursos subterrâneos. Os aqüíferos também podem ser classificados, em função da pressão da água, em aqüíferos confinados, livres e semi-confinados. Quanto a área ocupada pelos aqüíferos, há possibilidade de um aqüífero ocupar a área de mais de uma Bacia Hidrográfica passando, inclusive, por diferentes estados ou países.

Os poços, que podem ser rasos ou profundos, é o meio através do qual é possível explotar a água subterrânea, e podem ser artesianos – quando as águas sobem acima do seu nível original e jorram de forma espontânea – , e poços freáticos, quando a sua vazão é variável conforme a recarga e descarga do aqüífero.

3.2 Qualidade das Águas Subterrâneas

O uso da água, o seu local de origem, o ciclo hidrológico e o aqüífero onde ocorre é que define a sua qualidade. Os processos naturais pelos quais a água passa quando em contato com o solo e com os minerais que constituem o solo e as rochas de origem também interferem na sua qualidade.

A avaliação da qualidade da água pode ser feita em função da concentração de constituintes dissolvidos na água, tais como o sódio, magnésio, cálcio, bicarbonato, cloreto, sulfato e silicato. As águas destinadas ao consumo humano, devem obedecer aos padrões de potabilidade definidos pela Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004. De acordo com essa Portaria, a água potável é aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem aos parâmetros de potabilidade e que não oferecem riscos à saúde".

A coleta de água para o monitoramento qualitativo da água subterrânea é feita através dos poços.

3.3 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos

A geração de efluentes e resíduos provocada pela atividade humana causa impactos ambientais que afetam direta ou indiretamente a qualidade da água. Nas águas subterrâneas, a introdução de substância indesejada é considerada contaminação. Existem várias atividades potencialmente geradoras de cargas contaminantes e que normalmente estão relacionadas ao

desenvolvimento urbano, à produção industrial, à produção agrícola e à extração mineral. As fontes de contaminação variam conforme sua forma de distribuição espacial em pontuais e difusas; as primeiras normalmente produzem plumas de contaminação definidas e concentradas, o que facilita a sua identificação e as segundas são caracterizadas por não formarem plumas de contaminação bem definidas. Os cemitérios, fossas sépticas, oficinas, mecânicas, lavagens de automóveis, postos de combustíveis, poços negros, lixões, poços abandonados dentre outros são exemplos de fontes pontuais de contaminação.

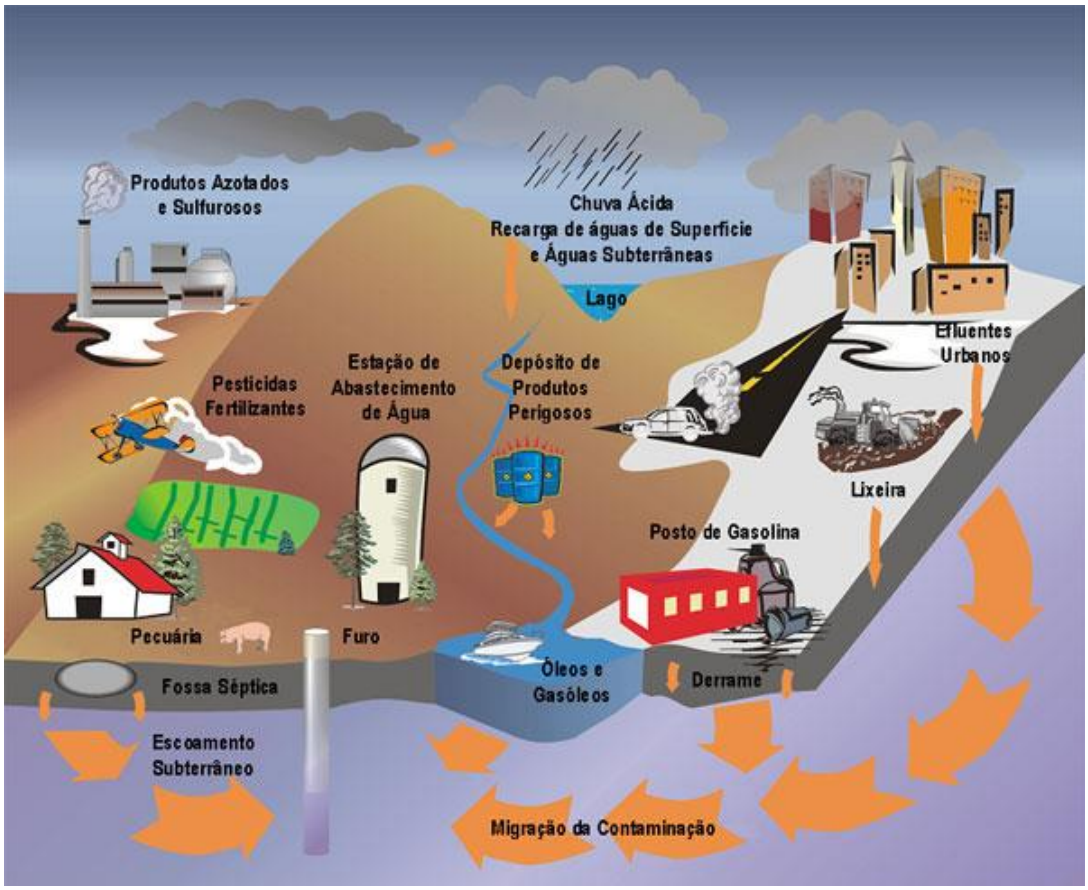


Figura 3.1 – Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas
Fonte - e-geo.ineti.pt/.../agua_subterranea/poluicao.htm, acesso em julho de 2011

4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO RIO GRANDE DO NORTE

O Rio Grande do Norte, cujo território está também inserido na região do semi-árido nordestino depende de modo significativo das águas subterrâneas para o abastecimento industrial, agrícola e, especialmente, doméstico. São águas de caráter estratégico e que demandam 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.

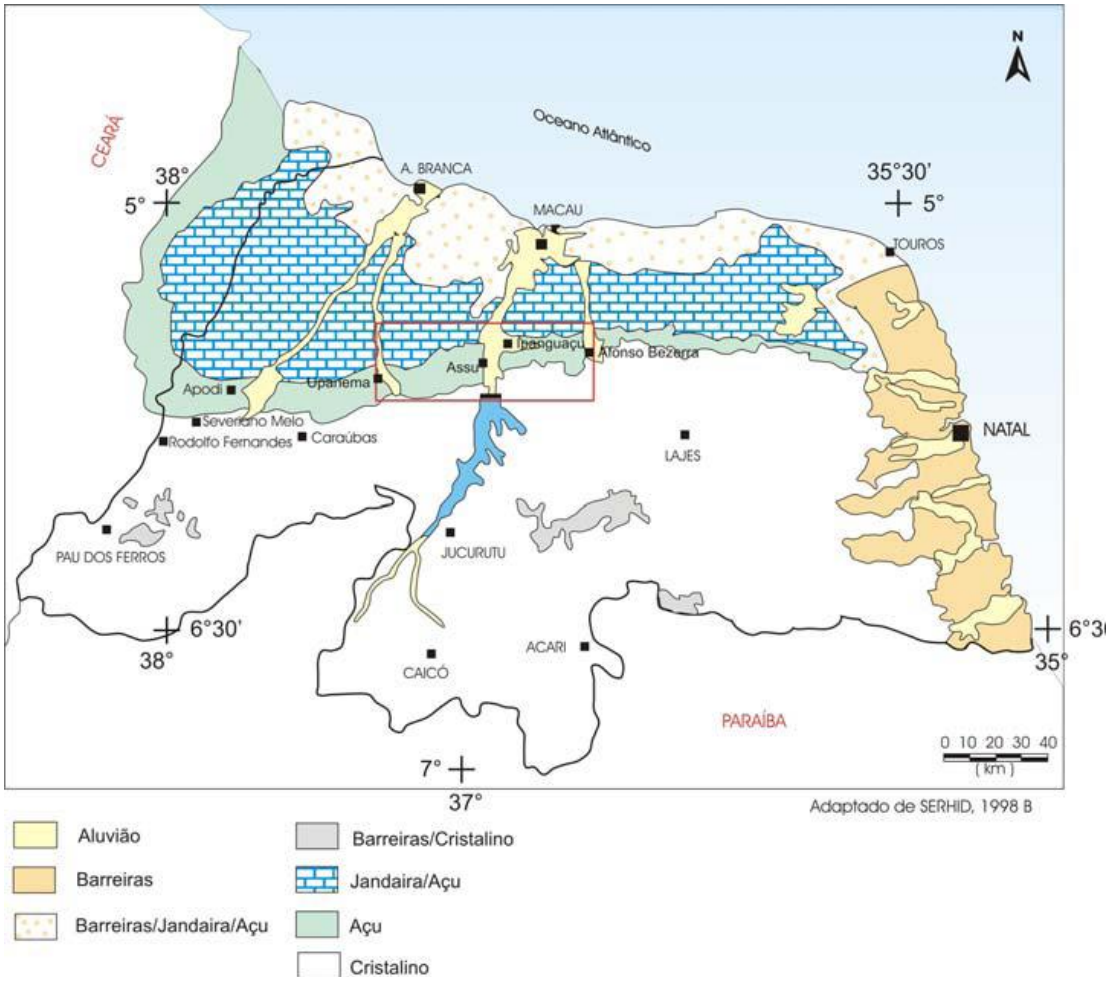


Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

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

O aparato legal que disciplina o uso das águas subterrâneas teve início com o Código de Águas instituído pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Entretanto, a ocupação antrópica desordenada e o surgimento de órgãos públicos com sobreposição de funções permitiram que esse recurso natural sofresse sérios processos de degradação qualitativa e quantitativa.

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, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Punaú, Jacu, Traíri, Boqueirão, Curimataú, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

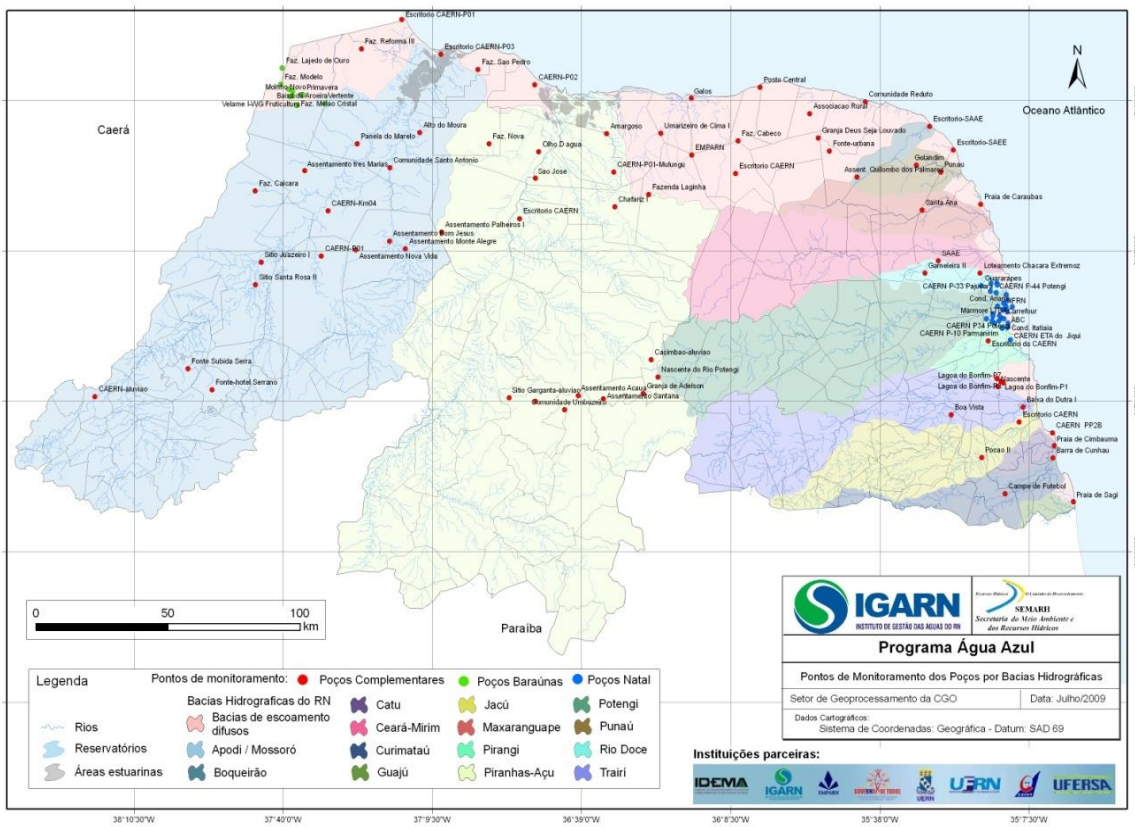
6.2 – Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada tem como base os objetivos estabelecidos para o monitoramento das águas subterrâneas do Programa Água Azul, que incluem o diagnóstico, a divulgação e o subsídio para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Desse modo, inicialmente, está descrita a rede de monitoramento que possui 100 estações de amostragem distribuídas nas bacias hidrográficas do rio Grande do Norte. Em seguida, é descrito o tipo de campanha de coleta e as análises realizadas para as amostras.

6.3 – Rede de Monitoramento

A rede de monitoramento é constituída, atualmente, de 100 poços, identificados na figura 6.1.



Fonte: IGARN (2009)

Figura 6.1 – Estações de amostragem de água subterrânea

Os poços para coleta de amostras foram, inicialmente, definidos em escritório. A localização final foi validada ou remanejada a partir de levantamentos em campo, com o georeferenciamento através de mapas e GPS, registro fotográfico dos poços e otimização dos roteiros das campanhas de coleta.

Ao longo da realização dos trabalhos, a rede em operação foi adequada e, embora seja uma macro-rede de monitoramento, a densidade de pontos é relevante.

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.

6.3.1 Coletas

A campanha realizada no primeiro semestre de 2010, em período chuvoso, realizou uma extensa série de análises, englobando, 23 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme apresentado na Tabela 6.1.

Antes da amostragem a água foi bombeada por um período mínimo de 15 minutos, com o objetivo de obter 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.

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

		Unidade	Padrão (Resolução CONAMA 396/08)
pH	Phgâmetro		-
Condutividade elétrica	Condutivímetro	µS/cm	-
Cor		uH	-
Turbidez		UT	-
Sólidos dissolvidos totais	Sólidos dissolvidos totais a 103-105°C Método 2540 D	mg/L	1000
Sólidos totais a 105ºC	Sólidos totais a 103-105°C Método 2540 D	mg/L	-
Dureza Total	Titulometria com EDTA Método 2340	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade total	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade bicarbonato	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade carbonato	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Alcalinidade hidróxido	Titulometria Potenciométrica Método 2320	mg/L $CaCO_3$	-
Nitrogênio Amoniacal	Colorimetria automática com salicilato de sódio	mg/L NH_3	-
Nítrito		mg/L N	1
Nitrato		mg/L N	10

Tabela 6.1 – continuação

Cálcio		mg/L Ca^{++}	-
Magnésio		mg/L Mg^{++}	-
Sódio		mg/L Na^{+}	200
Potássio		mg/L K^{+}	-
Ferro		mg/L Fe	0,3
Carbonato		mg/L CO_3^{-}	-
Bicarbonato		mg/L $CaCO_3$	-
Cloreto		mg/L Cl	250
Sulfato		mg/L $SO_4^{=}$	250
Coliformes totais	Membrana filtrante	UFC/100 mL	Ausência
Coliformes termotolerantes	Membrana filtrante	UFC/100 mL	Ausência

7.0 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Avaliação Temporal

A avaliação da qualidade da água subterrânea deve incluir o acompanhamento de tendências ao longo do tempo, que possibilitem a tomada de decisão por parte dos órgãos gestores. Esse acompanhamento pode ser feito com base em análises estatísticas. Entretanto, o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas em função de terem sido realizadas, até o momento, apenas duas campanhas, impossibilita o uso de modelos que fazem uso de testes de hipóteses para indicar tendência na evolução da qualidade das águas.

Portanto, a análise apresentada neste relatório contempla uma avaliação visual de gráficos que tratam da evolução dos parâmetros indicadores da qualidade das águas dos poços, porém não permitem identificar a significância estatística.

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	5,72	5,02	5,89	5,66	5,23	5,42	6,76	-
Bicarbonato (mg/L)	8,60	4,88	12,20	12,20	4,90	5,85	148,84	-
Cálcio (mg/L)	4,14	1,75	3,18	4,18	2,47	3,88	22,93	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	37,15	21,93	68,82	67,72	16,06	20,77	15,97	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	400,00	169,00	453,00	376,00	168,00	154,00	230,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	59,43	17,39	95,09	79,58	24,25	31,53	114,70	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	<LD	<LD	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,26	2,14	5,46	5,95	2,46	1,54	8,10	-
Magnésio (mg/L)	11,92	3,14	20,78	16,79	4,39	5,30	13,95	-
Sódio (mg/L)	46,51	22,96	54,45	49,30	20,11	24,08	12,66	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<LD	< LD	0,07	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	0,03	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	27,68	7,58	27,95	19,36	0,21	14,25	0,10	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	199,00	85,00	226,00	189,00	83,00	106,00	152,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,65	1,37	7,22	5,17	0,93	0,51	6,73	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,24	0,33	0,32	0,26	0,41	0,26	0,45	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
o-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0004	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< 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 7.1 - 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	6,83	5,53	5,67	-
Bicarbonato (mg/L)	3,05	3,66	9,15	-
Cálcio (mg/L)	77,66	5,74	1,59	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	43,58	59,84	33,89	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	771,00	373,00	172,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	289,00	53,11	21,63	-
Ferro (mg/L)	0,01	< LD	0,01	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	6,83	8,76	2,65	-
Magnésio (mg/L)	23,00	9,42	4,28	-
Sódio (mg/L)	36,43	42,81	22,52	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	0,03	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,02	16,70	16,70	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	386,00	187,00	86,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	44,47	15,15	8,63	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,39	0,38	0,53	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
o-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/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	6,18	6,80	6,22	5,77	5,12	5,75	5,98	-
Bicarbonato (mg/L)	9,63	25,94	9,30	26,84	6,71	6,10	0,00	-
Cálcio (mg/L)	3,35	8,12	2,63	9,68	4,13	0,99	5,11	-
Carbonato (mg/L)	< LD	0,00	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	12,36	57,42	18,78	19,17	20,36	15,24	10,57	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	62,00	408,00	170,00	148,00	112,00	131,00	344,00	-
Cor (uH)	< LD	0,00	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	18,74	66,59	23,51	38,88	28,63	13,69	61,31	-
Ferro (mg/L)	<LD	0,16	0,00	0,01	0,00	< LD	< LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,15	5,43	2,01	3,76	1,98	7,05	5,24	-
Magnésio (mg/L)	2,52	11,25	4,13	3,81	4,45	2,48	11,79	-
Sódio (mg/L)	8,87	44,28	20,92	22,14	16,83	11,45	26,62	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	0,02	< LD	< LD	0,01	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	0,00	< LD	< LD	0,01	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,69	15,13	12,74	11,69	6,52	16,70	16,70	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	39,00	228,00	85,00	108,00	78,00	65,00	172,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,39	19,32	1,08	0,78	4,04	4,89	1,55	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,53	0,35	0,45	0,41	0,55	0,21	0,25	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	$4,5x10^3$	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	$7,0x10^3$	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
o-Xileno (µg/L)	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	<LD	-	-	< LD	< LD	< LD	1,30	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	5,62	5,52	6,40	6,01	5,48	6,90	6,89	-
Bicarbonato (mg/L)	5,37	4,88	3,72	16,84	7,93	9,16	13,17	-
Cálcio (mg/L)	<LD	1,44	1,25	8,76	4,01	1,46	4,83	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0,00	< LD	< LD	0,00	< LD	-
Cloreto (mg/L)	17,14	26,66	18,52	24,75	20,08	33,34	15,16	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	132,00	201,00	62,70	163,00	148,00	170,70	135,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	0,00	< LD	< LD	0,00	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	14,65	19,01	62,70	47,97	34,65	21,85	34,54	-
Ferro (mg/L)	< LD	< LD	0,47	0,03	0,01	0,08	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,53	2,42	0,57	4,21	1,88	4,17	2,81	-
Magnésio (mg/L)	3,56	3,74	1,26	6,33	5,98	4,42	5,45	-
Sódio (mg/L)	19,11	26,46	8,88	23,46	24,05	25,71	13,50	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	0,00	0,03	0,01	0,08	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	0,00	0,03	0,01	0,00	<LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	9,44	16,70	0,05	14,81	13,67	8,17	7,74	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	77,00	100,00	40,00	241,00	103,00	148,00	78,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,68	1,17	0,00	0,51	0,62	0,37	4,16	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,31	0,24	0,50	0,72	0,52	0,00	0,48	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	$1,7x10^3$	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	$1,4x10^4$	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS								
Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	0,300 (mg/L)
o-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	BFO-01	NAT- SVA2	Praia de Cimbaúma	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS						
pH	7,10	7,30	7,40	5,98	6,50	-
Bicarbonato (mg/L)	13,08	48,41	49,41	10,20	8,64	-
Cálcio (mg/L)	2,00	8,12	7,29	1,92	2,71	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	< LD	0,00	-
Cloreto (mg/L)	38,90	18,52	16,67	12,26	25,93	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	161,60	109,20	120,40	177,00	159,40	-
Cor (uH)	7,50	0,00	0,00	< LD	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	20,81	46,82	38,49	15,80	24,97	-
Ferro (mg/L)	0,16	0,28	0,14	< LD	0,16	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,61	3,06	2,57	2,04	2,00	-
Magnésio (mg/L)	3,41	6,44	4,93	2,67	4,42	-
Sódio (mg/L)	23,81	6,48	11,11	14,58	22,00	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,26	0,05	0,03	< LD	0,07	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	0,00	< LD	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	4,23	0,05	0,00	5,16	2,65	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	100,00	74,25	68,00	59,00	92,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,99	0,00	2,67	2,05	21,02	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,40	7,30	0,00	0,28	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	12	$7,4x10^3$	$4,1x10^3$	Ausente	$1,3x10^3$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	$1,0x10^4$	$4,5x10^3$	Ausente	$5,7x10^3$	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS						
Benzeno (µg/L)	-	-	-	< LD	-	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	-	-	-	< LD	-	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	-	-	-	< LD	-	0,300 (mg/L)
o-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	TIB-20	BAR-94	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,80	7,22	8,80	6,80	7,30	6,69	7,36	-
Bicarbonato (mg/L)	380,46	33,00	209,28	27,31	476,80	22,00	28,00	-
Cálcio (mg/L)	239,55	3,20	34,16	21,66	114,57	48,00	4,80	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	15,87	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	703,92	170,00	37,14	188,95	251,93	112,00	127,80	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	2612,00	-	544,00	811,00	1615,00	-	-	-
Cor (uH)	-	-	10,00	5,00	2,50	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	988,47	48,00	152,95	133,18	603,49	184,00	40,00	-
Ferro (mg/L)	0,18	0,51	0,08	0,11	0,11	0,00	0,54	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	6,39	-	15,56	40,00	22,17	-	-	-
Magnésio (mg/L)	94,77	44,80	16,43	19,21	77,08	140,00	35,20	-
Sódio (mg/L)	195,65	-	62,86	81,81	104,35	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,46	0,03	0,04	0,99	0,14	0,02	0,05	-
Nitrito (mg/L N)	2,21	0,01	0,26	0,00	0,05	0,01	0,02	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,75	7,59	0,22	11,54	5,09	8,86	24,12	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1791,60	2204,00	324,00	468,00	907,60	882,00	1184,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	109,80	170,00	17,56	23,11	109,80	112,00	127,80	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,35	1,17	1,28	0,70	0,30	1,73	0,85	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$4,1x10^4$	44	Ausente	$9,1x10^3$	$1,2x10^3$	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$4,8x10^4$	Incontáveis	Ausente	$1,1x10^4$	$6,6x10^4$	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 7.3 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	MOS-1797	PAV-58	PRZ-54	BAR-69	BAR-216	SBN-14	BAR-100	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	6,98	8,20	7,10	7,23	7,58	7,50	7,27	-
Bicarbonato (mg/L)	31,00	330,19	335,98	34,00	32,00	160,58	33,00	-
Cálcio (mg/L)	3,20	173,93	260,38	3,20	3,20	48,95	4,80	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	355,00	511,27	870,64	170,40	184,60	59,28	156,20	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	1905,00	2923,00	-	-	692,00	-	-
Cor (uH)	-	0,00	0,00	-	-	5,00	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	72,00	853,21	1243,40	48,00	48,00	223,18	48,00	-
Ferro (mg/L)	0,07	0,07	0,31	0,16	0,43	0,25	0,55	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	12,96	6,94	-	-	12,59	-	-
Magnésio (mg/L)	68,80	101,72	144,04	44,80	44,80	24,51	43,20	-
Sódio (mg/L)	-	132,14	174,07	-	-	40,00	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,14	0,17	0,05	0,05	0,00	0,03	-
Nitrito (mg/L N)	0,04	0,00	0,00	0,04	0,01	0,18	0,03	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	18,25	2,18	11,19	30,14	5,37	12,05	10,45	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	2124,00	1448,00	2070,00	2596,00	2294,00	341,20	2236.00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	355,00	68,08	108,62	170,40	184,60	74,97	156,20	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,54	0,00	0,30	0,42	0,59	1,71	0,20	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	<250	Ausente	$1,1x10^4$	350	Incontáveis	$1,6x10^4$	290	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	<1000	28,00	$1,8x10^4$	Incontáveis	Incontáveis	$4,5x10^4$	Incontáveis	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-47	CNO-446	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	7,15	8,50	-
Bicarbonato (mg/L)	37,00	213,51	-
Cálcio (mg/L)	6,40	70,82	-
Carbonato (mg/L)	0,00	4,88	-
Cloreto (mg/L)	426,00	391,68	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	2050,00	-
Cor (uH)	-	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	68,00	603,49	-
Ferro (mg/L)	0,16	0,08	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	4,71	-
Magnésio (mg/L)	61,60	103,61	-
Sódio (mg/L)	-	161,90	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,03	0,16	-
Nitrito (mg/L N)	0,04	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	22,36	23,14	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	2384,00	1276,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	426,00	50,53	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,91	0,75	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Incontáveis	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 7.4 - 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	7,78	6,69	7,56	-	6,84	6,96	7,94	-
Bicarbonato (mg/L)	24,00	14,00	35,00	20,00	15,00	31,00	19,00	-
Cálcio (mg/L)	560,00	216,00	15,00	18,00	22,40	13,00	4,60	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	99,40	42,00	112,00	392,00	78,10	84,00	142,00	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	ND	-	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	2220,00	712,00	60,00	112,00	112,00	80,00	16,00	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,26	0,00	0,03	0,33	0,00	0,52	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	1660,00	496,00	45,00	94,00	89,60	63,00	11,40	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,05	0,03	0,02	0,04	0,15	0,04	0,02	-
Nitrito (mg/L N)	1,07	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	19,53	1,25	10,36	1,21	3,89	2,97	9,26	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	4948,00	2286,00	224,00	752,00	1048,00	436,00	1574.00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	99,40	612,96	112,00	601,23	78,10	577,84	142,00	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	16,15	0,27	2,70	3,75	0,26	4,02	1,06	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	43	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	59	156	16	4	$1,3x10^2$	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 7.4 - 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	MOS-1532	APO-36	APO-35	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,65	7,63	7,22	6,60	6,98	6,36	7,29	-
Bicarbonato (mg/L)	45,00	18,00	35,00	29,00	29,00	7,00	8,00	-
Cálcio (mg/L)	187,00	14,40	6,40	9,60	160,00	18,00	15,00	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	852,00	56,80	468,60	894,60	672,00	56,00	42,00	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	644,00	56,00	80,00	48,00	512,00	88,00	72,00	-
Ferro (mg/L)	0,01	0,00	0,53	0,01	0,01	0,00	0,14	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	a	-	a	-
Magnésio (mg/L)	457,00	41,60	73,60	47,40	352,00	70,00	57,00	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,15	0,03	0,01	0,06	0,02	0,03	-
Nitrito (mg/L N)	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	34,01	0,08	21,25	41,02	2,13	2,66	2,82	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	2692.00	340.00	2244.00	330.00	1326,00	566,00	726,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	852,00	56,80	468,60	894,60	672,00	56,00	42,00	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	7,70	23,69	0,11	20,78	1,95	1,70	4,60	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	4	Ausente	8	Ausente	958	45	>1000	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	20	Ausente	56	Ausente	>1000	Incontáveis	Incontáveis	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	APO-366	BAR-298	Fonte Umarizeira	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	6,96	7,41	7,26	-
Bicarbonato (mg/L)	7,00	39,00	12,00	-
Cálcio (mg/L)	38,00	4,60	22,40	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	182,00	198,80	127,80	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	-	-	-	-
Cor (uH)	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	204,00	80,00	88,00	-
Ferro (mg/L)	0,15	0,54	0,09	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	166,00	75,40	65,60	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,03	0,02	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	0,07	0,03	0,05	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	20,16	13,63	6,45	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	984,00	2700,00	344,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	182,00	198,80	127,80	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	5,97	1,70	34,94	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	35	18	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	197	Incontáveis	280	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	BOD-43	ABE-26	FLO-49	LNO-42	CCO-50	CNU-63	CAI	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,50	7,50	8,40	3,70	3,40	8,30	8,50	-
Bicarbonato (mg/L)	1366,73	58,34	427,27	0,00	0,00	109,24	374,20	-
Cálcio (mg/L)	395,77	6,04	120,81	29,16	104,15	27,50	91,65	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	12,21	0,00	0,00	0,00	8,54	-
Cloreto (mg/L)	1537,51	129,67	511,27	1000,31	3649,27	64,15	666,87	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	5450,00	543,00	1981,00	2750,00	8805,00	438,00	2333,00	-
Cor (uH)	7,50	0,00	5,00	5,00	12,50	5,00	17,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	1810,47	58,27	572,28	286,14	811,59	116,54	431,81	-
Ferro (mg/L)	0,35	0,04	0,13	1,75	6,28	0,43	0,21	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	32,14	22,96	4,29	29,09	22,85	3,24	6,57	-
Magnésio (mg/L)	199,64	10,49	65,70	51,81	133,94	11,62	49,28	-
Sódio (mg/L)	785,71	70,00	221,43	510,00	2000,00	48,57	410,00	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,13	0,05	0,00	0,10	0,22	0,08	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,00	0,87	0,43	0,47	0,00	3,60	2,52	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	4228,00	356,00	1332,00	1776,00	6196,00	280,00	1504,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	249,70	11,64	36,61	50,66	84,03	14,05	87,64	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	6,40	0,00	3,17	0,90	1,00	1,14	2,00	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$3,9x10^3$	Ausente	$1,8x10^3$	Ausente	Ausente	4	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$5,0x10^3$	6,00	$4,5x10^3$	6,00	$3,4x10^3$	200	$2,3x10^3$	Ausentes em 100 mL

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

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

PARÂMETROS	ARO-	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	8,30	-
Bicarbonato (mg/L)	89,38	-
Cálcio (mg/L)	6,82	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	33,77	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	256,00	-
Cor (uH)	7,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	66,59	-
Ferro (mg/L)	0,37	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,71	-
Magnésio (mg/L)	6,82	-
Sódio (mg/L)	29,52	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,19	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,10	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	172,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,42	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,35	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	12	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 7.6 - 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	6,01	5,88	5,80	5,07	5,90	5,62	-
Bicarbonato (mg/L)	18,30	18,30	6,21	6,83	1,24	7,32	-
Cálcio (mg/L)	4,74	3,90	1,87	0,98	0,21	6,51	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0,00	< LD	0,00	< LD	-
Cloreto (mg/L)	48,39	47,85	33,34	45,09	12,97	46,53	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	340,00	311,00	107,00	168,00	40,10	264,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	2,50	< LD	0,00	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	68,92	53,81	8,32	8,21	6,24	50,05	-
Ferro (mg/L)	< LD	0,01	0,13	<LD	0,14	<LD	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	5,06	2,70	4,72	0,59	0,29	2,77	-
Magnésio (mg/L)	13,86	10,70	0,88	1,39	1,39	8,21	-
Sódio (mg/L)	43,51	41,05	17,84	44,97	6,66	37,62	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	0,18	< LD	0,00	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	0,03	0,00	< LD	0,00	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	20,53	16,77	0,64	3,50	0,52	17,96	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	170,00	156,00	48,00	127,00	27,80	145,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,17	1,12	0,50	24,34	0,00	0,90	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,23	0,25	0,60	0,28	0,10	0,51	-
MICROBIOLÓGICOS							
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	$6,3x10^4$	Ausente	$2,3x10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	$1,4x10^5$	Ausente	$3,4x10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS							
Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	< LD	-	< LD	0,300 (mg/L)
o-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	5,72	5,48	6,20	-
Bicarbonato (mg/L)	6,30	5,80	4,05	-
Cálcio (mg/L)	1,09	5,36	5,21	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	0,00	-
Cloreto (mg/L)	11,37	24,26	37,05	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	64,00	248,00	172,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	7,07	40,88	44,74	-
Ferro (mg/L)	<LD	< LD	0,19	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	1,45	3,02	5,14	-
Magnésio (mg/L)	1,06	6,68	7,71	-
Sódio (mg/L)	7,47	27,11	25,71	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	0,03	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,156	15,51	14,54	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	32,00	125,00	172,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,12	0,725	0,00	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,322	0,240	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	Ausente	Ausente	4,00	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Presente	Ausente	80,00	Ausentes em 100 mL
ORGÂNICOS				
Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,005 (mg/L)
Etil Benzeno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,200 (mg/L)
m, p-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,300 (mg/L)
o-Xileno (µg/L)	< LD	< LD	-	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	1,30	< 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	4,50	6,20	-
Bicarbonato (mg/L)	0,00	4,97	-
Cálcio (mg/L)	1,04	1,25	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	35,20	24,08	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	167,00	102,00	-
Cor (uH)	0,00	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	15,61	11,45	-
Ferro (mg/L)	0,04	0,08	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,61	2,29	-
Magnésio (mg/L)	3,16	2,02	-
Sódio (mg/L)	22,60	16,11	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,04	0,09	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,94	1,95	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	80,00	92,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,50	1,49	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	0,40	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$5,7X10^4$	$2,8X10^3$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$9,1X10^4$	$1,1X10^4$	Ausentes em 100 mL

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

Tabela 7.9 - 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	7,30	7,10	-
Bicarbonato (mg/L)	242,10	98,82	-
Cálcio (mg/L)	97,90	40,60	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	453,84	227,85	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1836,00	1032,00	-
Cor (uH)	0,00	>100	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	515,04	218,50	-
Ferro (mg/L)	0,12	0,41	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	11,85	23,91	-
Magnésio (mg/L)	65,70	28,43	-
Sódio (mg/L)	180,00	95,50	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,76	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,08	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,34	4,31	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1072,40	628,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	47,23	20,07	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	9,00	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$1,3X10^4$	$3,4X10^4$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$3X10^4$	$5,7X10^4$	Ausentes em 100 mL

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

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

PARÂMETROS	TOU-81	RFO-52	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	6,70	6,50	-
Bicarbonato (mg/L)	13,65	12,41	-
Cálcio (mg/L)	2,29	1,46	-
Carbonato (mg/L)	0,00	0,00	-
Cloreto (mg/L)	14,82	18,52	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	70,65	75,30	-
Cor (uH)	0,00	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	14,56	10,41	-
Ferro (mg/L)	0,06	0,08	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,50	2,50	-
Magnésio (mg/L)	2,15	1,64	-
Sódio (mg/L)	6,48	11,89	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,00	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,05	0,83	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	48,04	51,20	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,50	0,00	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,05	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$2,3x10^3$	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$9,1x10^3$	$1,0x10^4$	Ausentes em 100 mL

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

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

PARÂMETROS	ARE-01-1	NFL-02	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS			
pH	8,60	7,40	-
Bicarbonato (mg/L)	172,55	18,32	-
Cálcio (mg/L)	30,83	2,29	-
Carbonato (mg/L)	3,66	0,00	-
Cloreto (mg/L)	34,42	53,72	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	389,00	224,00	-
Cor (uH)	5,00	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	147,75	24,45	-
Ferro (mg/L)	0,12	0,19	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	7,71	6,39	-
Magnésio (mg/L)	17,18	4,55	-
Sódio (mg/L)	24,76	29,52	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,00	0,07	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,60	0,55	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	244,00	128,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	11,90	5,57	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,42	0,00	-
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 7.12 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Traíri

PARÂMETROS	SGE-01-2	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,40	-
Bicarbonato (mg/L)	12,41	-
Cálcio (mg/L)	1,25	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	27,53	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	150,70	-
Cor (uH)	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	27,05	-
Ferro (mg/L)	0,08	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	2,57	-
Magnésio (mg/L)	5,81	-
Sódio (mg/L)	18,92	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,02	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,62	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	100,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	8,02	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,50	-
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	7,90	-
Bicarbonato (mg/L)	75,72	-
Cálcio (mg/L)	13,54	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	20,38	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	182,90	-
Cor (uH)	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	65,03	-
Ferro (mg/L)	0,06	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	3,89	-
Magnésio (mg/L)	7,58	-
Sódio (mg/L)	11,89	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,07	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,06	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	128,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2,35	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	-
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 Curimataú

PARÂMETROS	CAM-05-1	VMP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	6,50	-
Bicarbonato (mg/L)	7,41	-
Cálcio (mg/L)	2,29	-
Carbonato (mg/L)	0,00	-
Cloreto (mg/L)	57,42	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	260,00	-
Cor (uH)	0,00	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	24,97	-
Ferro (mg/L)	0,08	0,3 (mg/L)
Potássio (mg/L)	4,00	-
Magnésio (mg/L)	4,68	-
Sódio (mg/L)	32,38	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,04	-
Nitrito (mg/L N)	0,00	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,79	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	116,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	12,39	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,00	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$2,3x10^3$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$6,8x10^3$	Ausentes em 100 mL

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

Tabela 7.15 - 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-100	BAR-216	VMP*
Agrotóxicos						
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,03 µg/L
Atrazina (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,0 µg/L
Carbaril (µg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-
Clordano (cis e trans) (µg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	-
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	2,0 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	20,0 µg/L
Endrin (µg/L)	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,6 µg/L
Glifosato (µg/L)	<20	<20	<20	<20	<20	500 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Lindano (g-HCH) (µg/L)	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	2,0 µg/L
Malation (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	190 µg/L
Metolacloro (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	20 µg/L
Paration (µg/L)	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-
Pentaclorofenol (µg/L)	<1E-5	<1E-5	<1E-5	<1E-5	<1E-5	9,0 µg/L
2,4,5-T (µg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Toxafeno (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
2,4,5-TP (µg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
2,4,6-Triclorofenol (µg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
Trifluralina (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20,0 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1,0 µg/L
Simazina (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,0 µg/L

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

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

PARÂMETROS	BAR-502	VMP*
AGROTÓXICOS		
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	<0,005	0,03 µg/L
Atrazina (µg/L)	<0,01	2,0 µg/L
Carbaril (µg/L)	<0,02	-
Clordano (cis e trans) (µg/L)	<0,02	0,2 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	<0,06	-
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	<0,002	2,0 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	<0,009	20,0 µg/L
Endrin (µg/L)	<0,003	0,6 µg/L
Glifosato (µg/L)	<20	500 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	<0,01	0,03 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	<0,05	-
Lindano (g-HCH) (µg/L)	<0,003	2,0 µg/L
Malation (µg/L)	<0,01	190 µg/L
Metolacloro (µg/L)	<0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	<0,01	20 µg/L
Paration (µg/L)	<0,04	-
Pentaclorofenol (µg/L)	<1E-5	9,0 µg/L
2,4,5-T (µg/L)	<0,005	-
Toxafeno (µg/L)	<0,01	-
2,4,5-TP (µg/L)	<0,005	-
2,4,6-Triclorofenol (µg/L)	<0,001	-
Trifluralina (µg/L)	<0,05	20,0 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	<0,005	1,0 µg/L
Simazina (µg/L)	<0,05	2,0 µg/L

*VMP - Valores Máximos Permitidos em µg/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 Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	BAR-233	BAR-298	VMP*
AGROTÓXICOS			
Aldrin e Dieldrin (µg/L)	<0,005	<0,005	0,03 µg/L
Atrazina (µg/L)	<0,01	<0,01	2,0 µg/L
Carbaril (µg/L)	<0,02	<0,02	-
Clordano (cis e trans) (µg/L)	<0,02	<0,02	0,2 µg/L
Demeton (Demeton-O Demeton-S) (µg/L)	<0,06	<0,06	-
DDT (p,p'-DDT,p,p'DDE e p,p' DDD) (µg/L)	<0,002	<0,002	2,0 µg/L
Endossulfan (a,b e sulfato) (µg/L)	<0,009	<0,009	20,0 µg/L
Endrin (µg/L)	<0,003	<0,003	0,6 µg/L
Glifosato (µg/L)	<20	<20	500 µg/L
Heptacloro e Hepetacloro Epóxido (µg/L)	<0,01	<0,01	0,03 µg/L
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	<0,05	<0,05	-
Lindano (g-HCH) (µg/L)	<0,003	<0,003	2,0 µg/L
Malation (µg/L)	<0,01	<0,01	190 µg/L
Metolacloro (µg/L)	<0,05	<0,05	10 µg/L
Metoxicloro (µg/L)	<0,01	<0,01	20 µg/L
Paration (µg/L)	<0,04	<0,04	-
Pentaclorofenol (µg/L)	<1E-5	<1E-5	9,0 µg/L
2,4,5-T (µg/L)	<0,005	<0,005	-
Toxafeno (µg/L)	<0,01	<0,01	-
2,4,5-TP (µg/L)	<0,005	<0,005	-
2,4,6-Triclorofenol (µg/L)	<0,001	<0,001	-
Trifluralina (µg/L)	<0,05	<0,05	20,0 µg/L
Hexaclorobenzeno (µg/L)	<0,005	<0,005	1,0 µg/L
Simazina (µg/L)	<0,05	<0,05	2,0 µg/L

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

7.2 Análise dos Resultados em Desacordo com os Limites Legais

A Resolução CONAMA 396/08, no seu Anexo I, apresenta a lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas e seus respectivos valores máximos permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados. A ocorrência de valores superiores ao VMP alerta para a possibilidade de alterações na qualidade da água do aqüífero e, embora o monitoramento proposto pelo Programa Água Azul não contemple a avaliação da qualidade da água distribuída pela CAERN e pelo SAAE, as alterações identificadas servem para a investigação de problemas de poluição e fontes de contaminação na água para o consumo humano.

A análise das violações dos resultados físico-químicos, exceto para o íon nitrato que será apresentado separadamente, da segunda campanha de água subterrânea do Programa Água Azul é discutida com base nos limites legais (VMP) estabelecidos na Resolução CONAMA 396/08. As figuras 7.1 a 7.13 mostram os resultados que se apresentaram desconformes com os limites atuais. Os parâmetros que apresentaram maior percentual de resultados fora do limite estão associados aos impactos antrópicos ou à geologia da área.

Na segunda campanha de água subterrânea foi mantida 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.

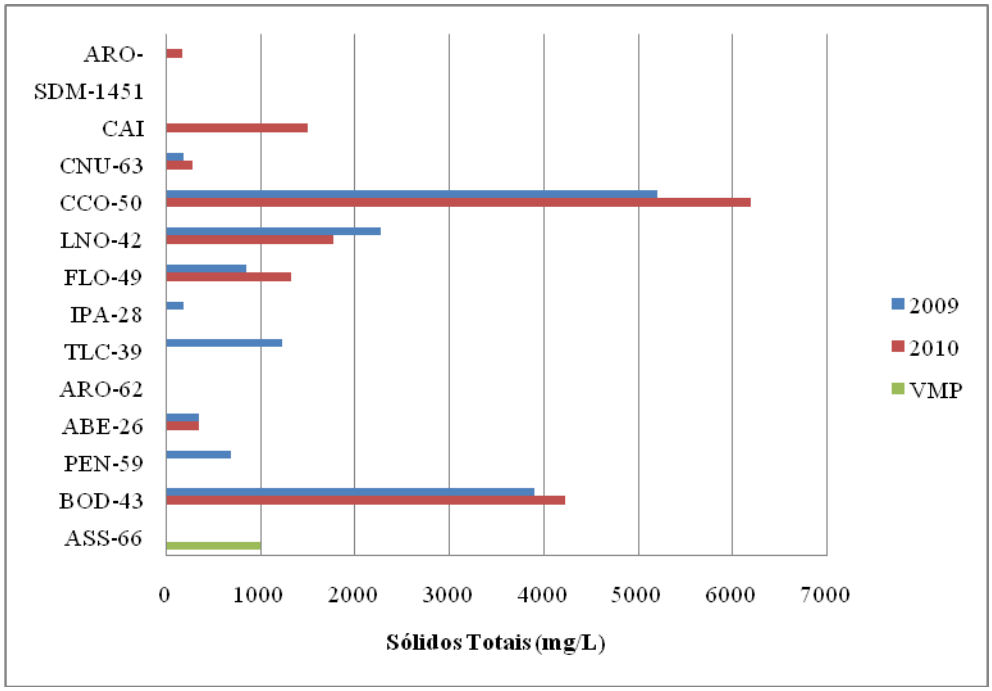


Figura 7.1 - Concentração dos sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

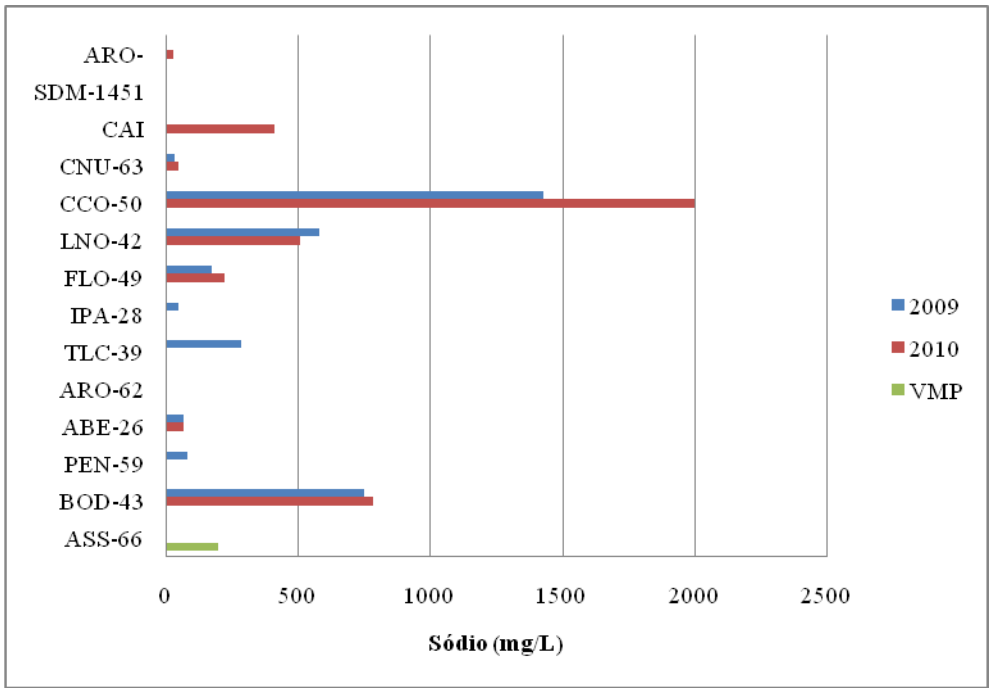


Figura 7.2 - Concentração do íon sódio (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

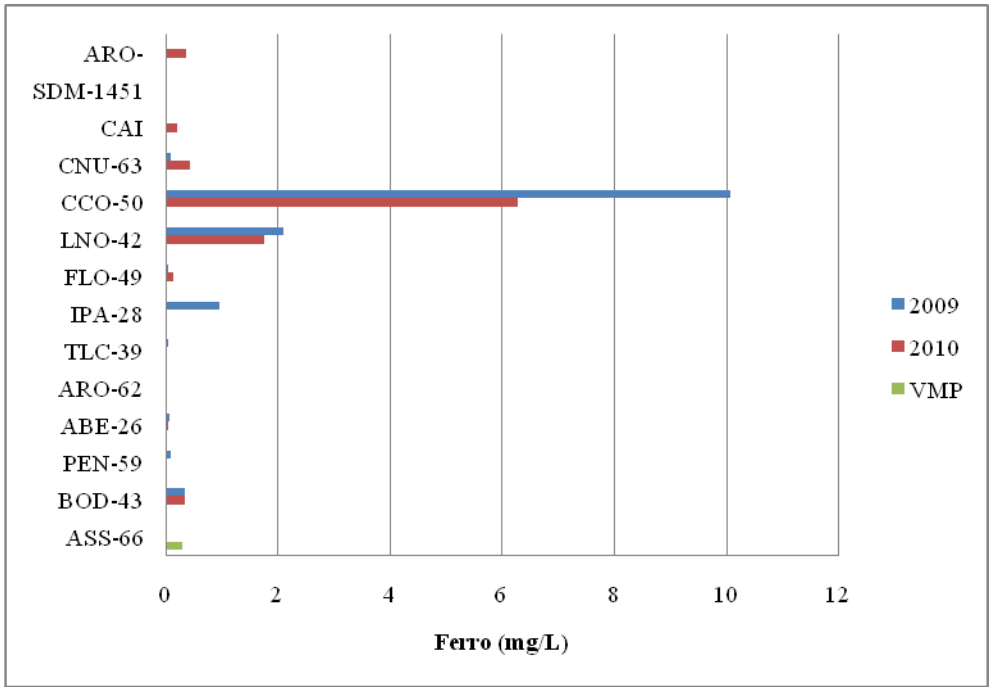


Figura 7.3 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

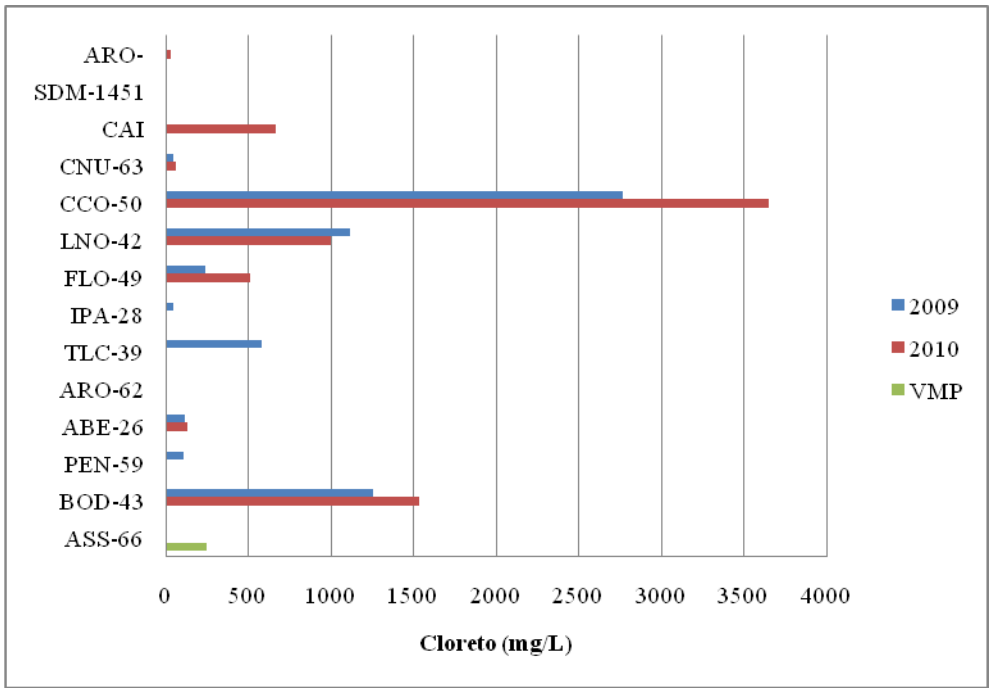


Figura 7.4 - Concentração do ion cloreto (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

Dentre os poços monitorados na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso, foi observado à elevação significativa da concentração de ferro no poço do SAAE que apresentou resultado três vezes superior ao obtido na campanha de 2009.

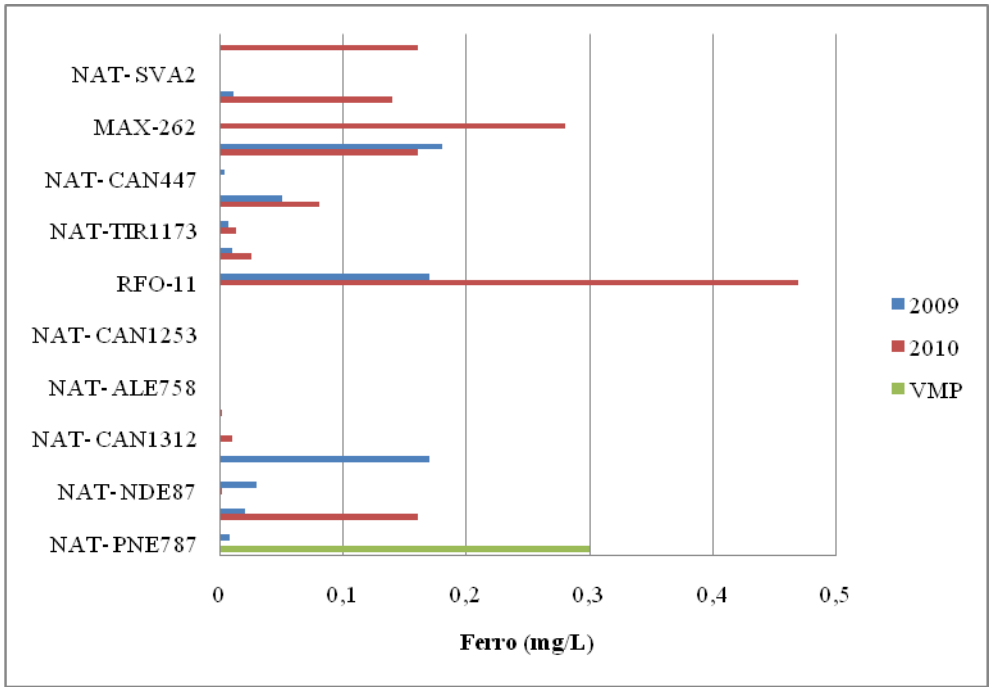


Figura 7.5-Concentração do ion ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Os poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso e da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró também apresentaram resultados que indicam que os parâmetros avaliados sofreram alterações para mais ou para menos em relação aos valores observados na campanha 2009, porém com manutenção da tendência de violação dos limites máximos permitidos para o cloreto, sólidos totais dissolvidos, ferro e sulfato. Essa tendência pode ser verificada nas figuras 7.6 a 7.13.

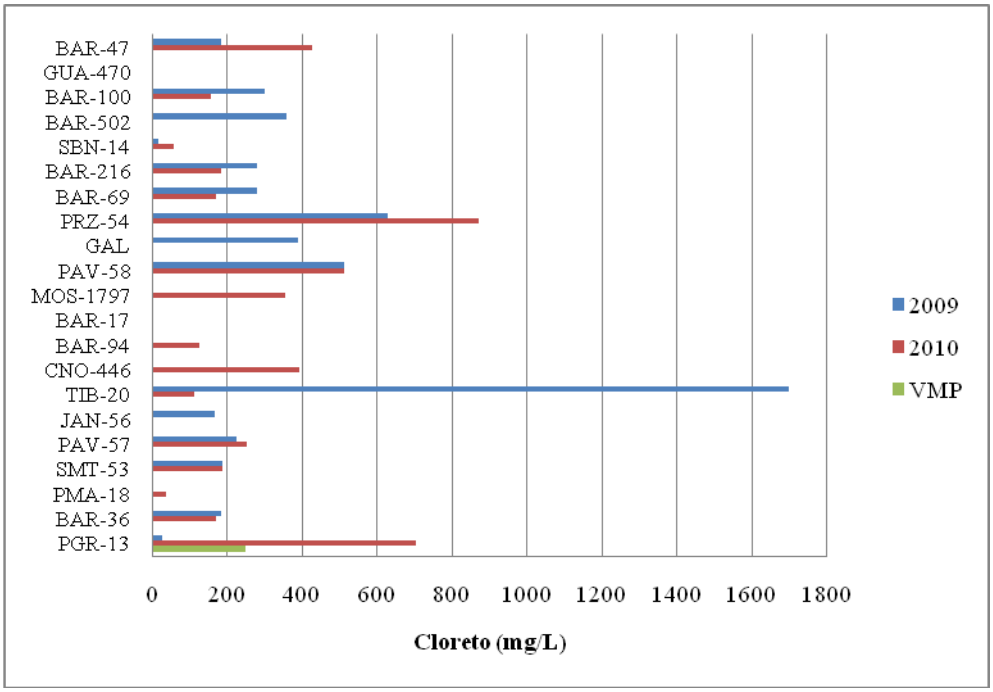


Figura 7.6 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

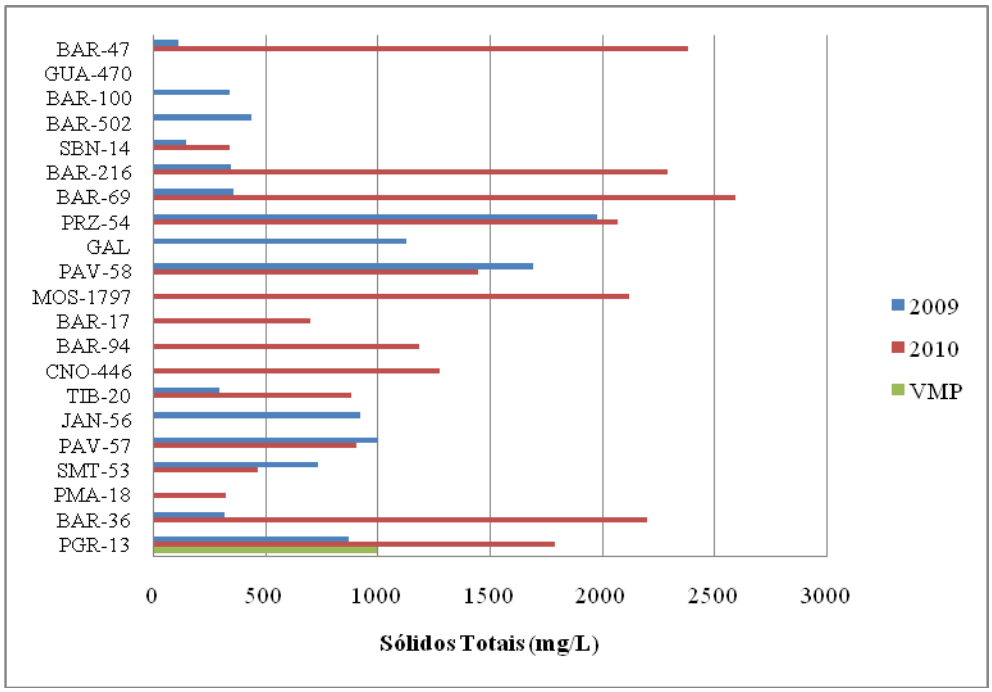


Figura 7.7 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

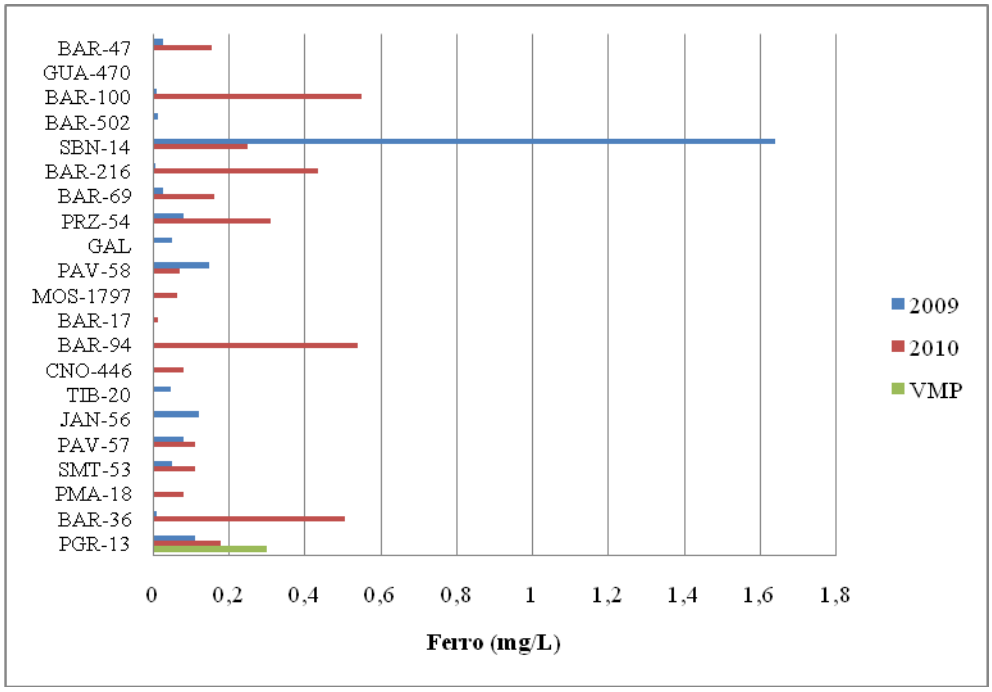


Figura 7.8 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

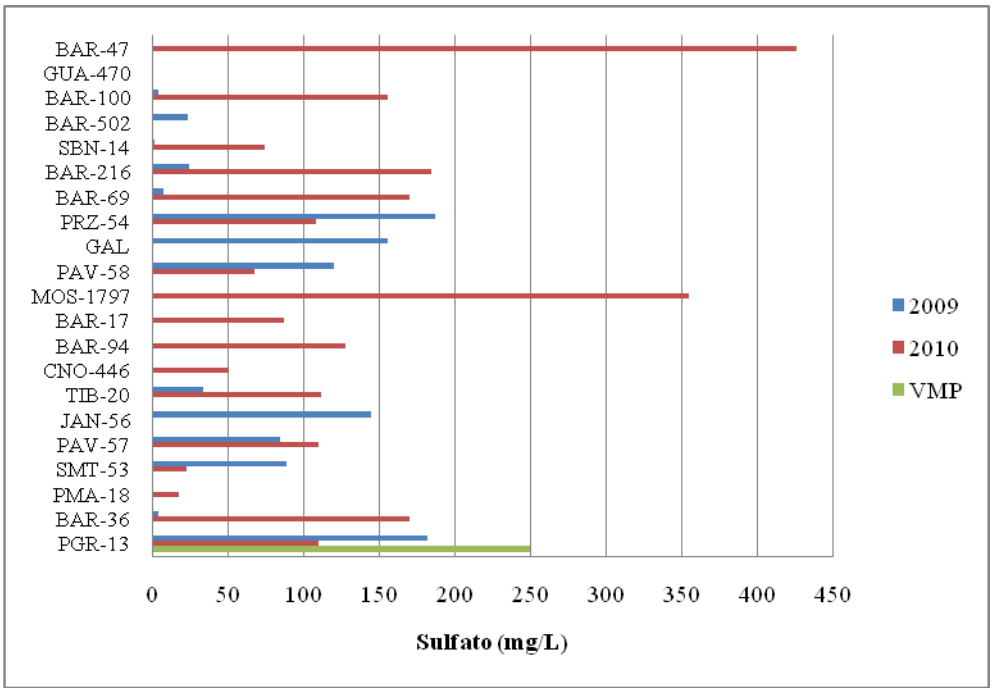


Figura 7.9 - Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços
da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

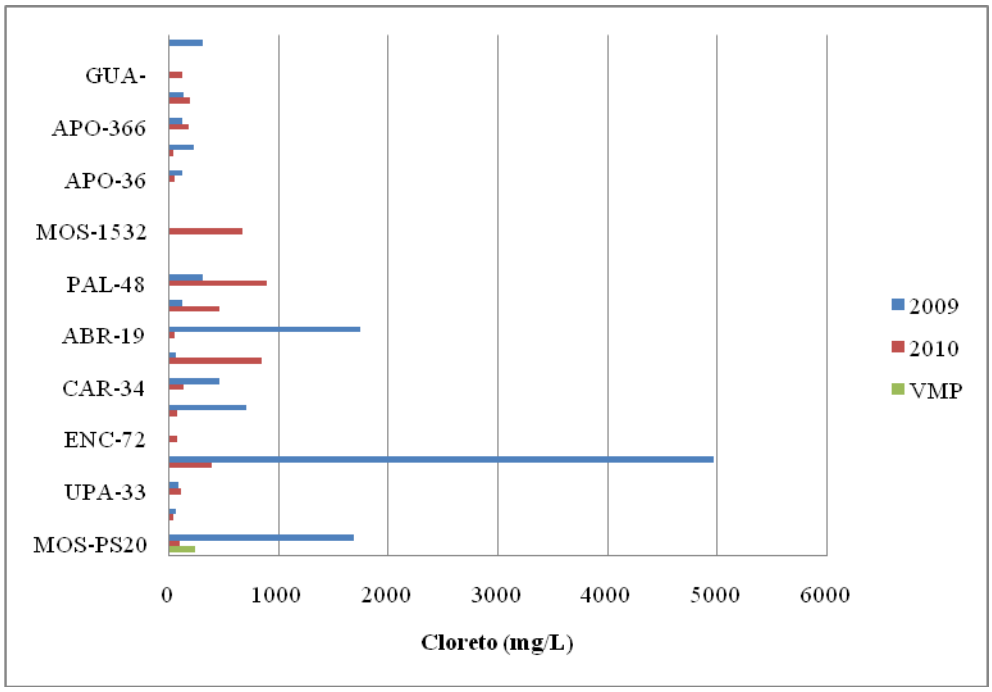


Figura 7.10 - Concentração do íon cloreto (mg/L) nos poços
da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

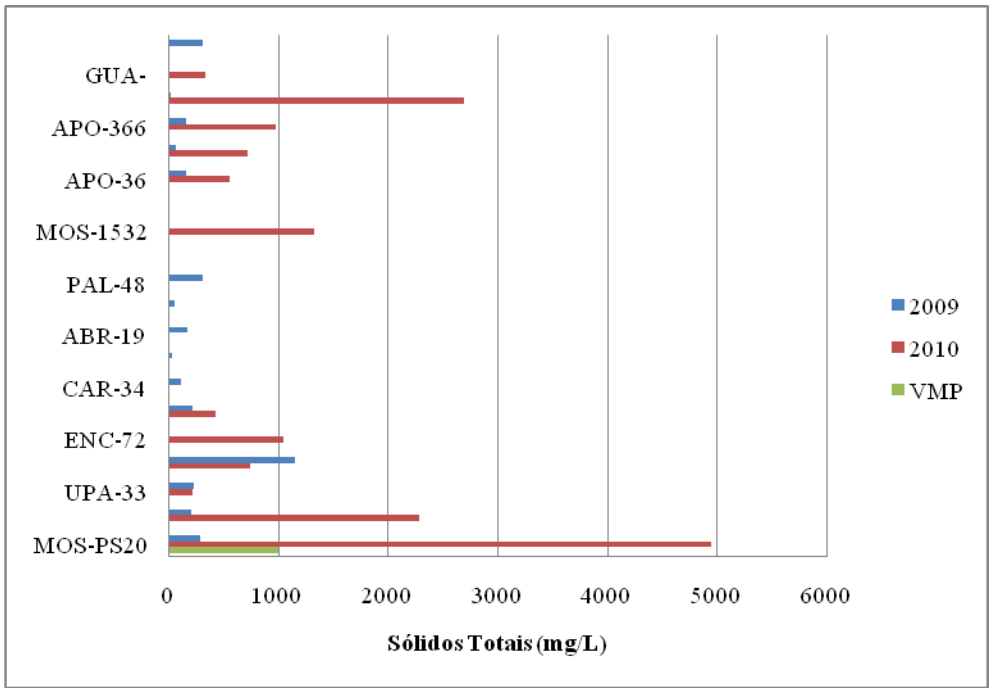


Figura 7.11 - Concentração de sólidos totais (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

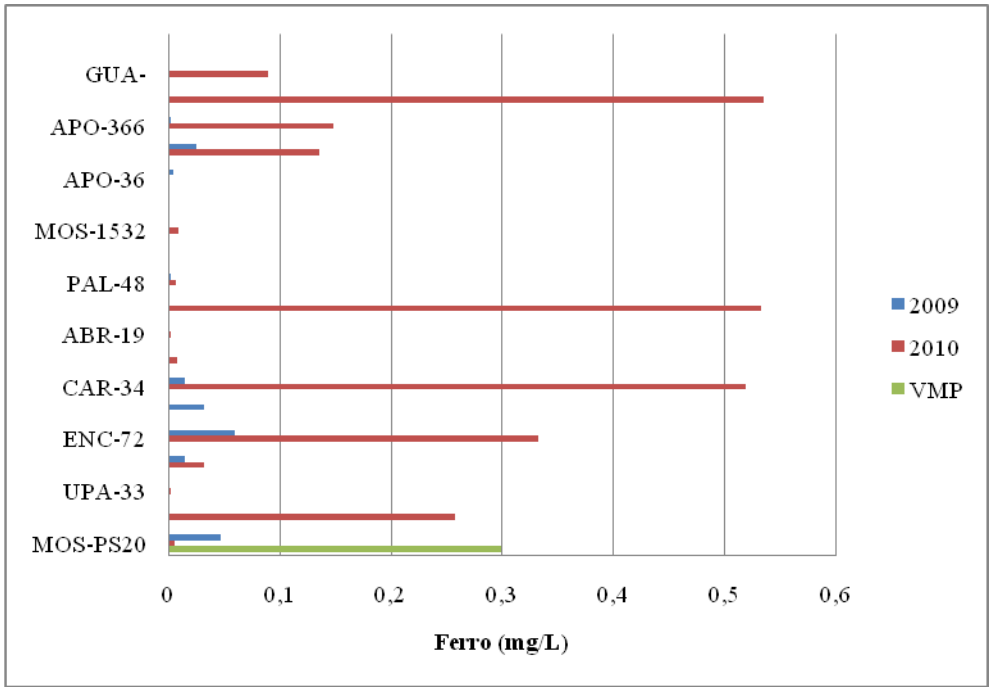


Figura 7.12 - Concentração do íon ferro (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

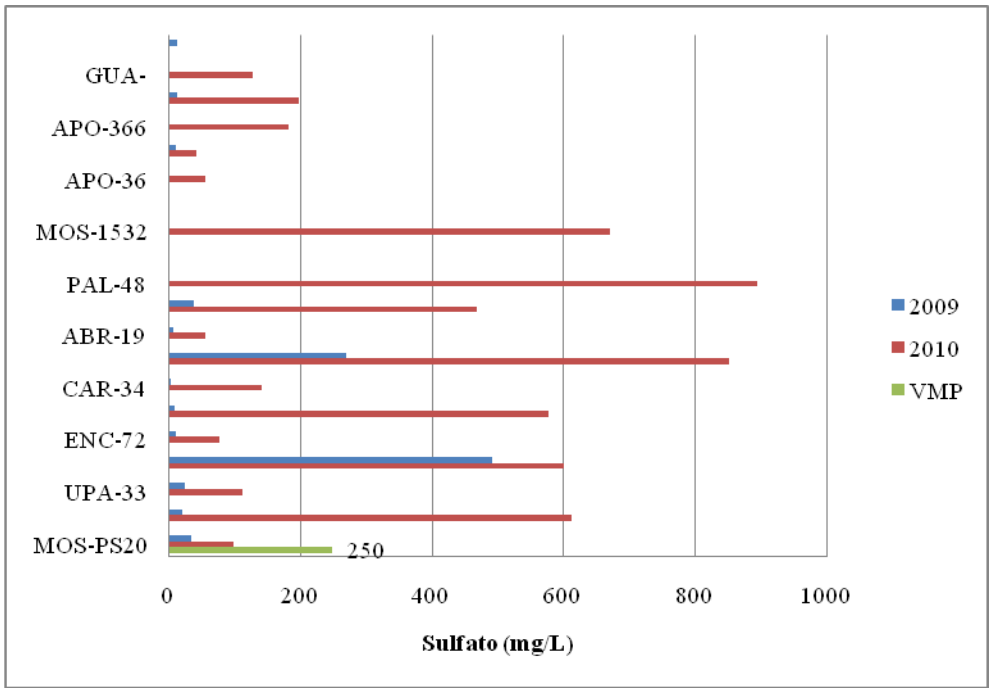


Figura 7.13 - Concentração do íon sulfato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

Na Bacia Hidrográfica Ceará-mirim um poço apresentou concentração do íon ferro supeiror ao limite legal. Nas bacias hidrográficas Potengi, Pirangi, Maxaranguape, Punaú, Jacu, Trairí, Boqueirãoe, Curimataú e Doce não ocorreram violações aos limites estabelecidos para os parâmetros analisados, exceto o íon nitrato nas bacias hidrográficas Doce e Pirangi.

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

Vários parâmetros químicos são influenciados pela atividade antrópica, destacando-se o nitrato. Valores acima de 10mg/L N indicam que a água é imprópria para o consumo humano e atividades de recreação, de acordo com a Resolução Conama 396/08. Dentre os poços monitorados pelo IGARN foram identificadas concentrações de nitrato acima do VMP em poços das bacias hidrográficas Potengi, Pirangi, Apodi-Mossoró, Doce, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso.

O nitrato, que não tem concentração significativa nas rochas, origina-se de contribuições difusas, com destaque para atividades agrícolas e ausência de esgotamento sanitário. A sua presença na água subterrânea, associada a presença de bactérias do grupo coliformes e cloreto são indicativas de poluição com esgotos ou fezes de animais. O processo de biodegradação é

mais importante para a contaminação de poços rasos em rochas sedimentares que se encontram próximos as fontes contaminantes.

Os resultados apresentados nas tabelas anteriores evidenciam a presença de impactos associados à qualidade da água dos poços que apresentaram concentração do nitrato acima do limite aceitável, e que são utilizados para fins diversos, incluindo o consumo humano. As figuras 8.1 a 8.6 indicam a concentração de nitrato dos poços, por bacia hidrográfica.

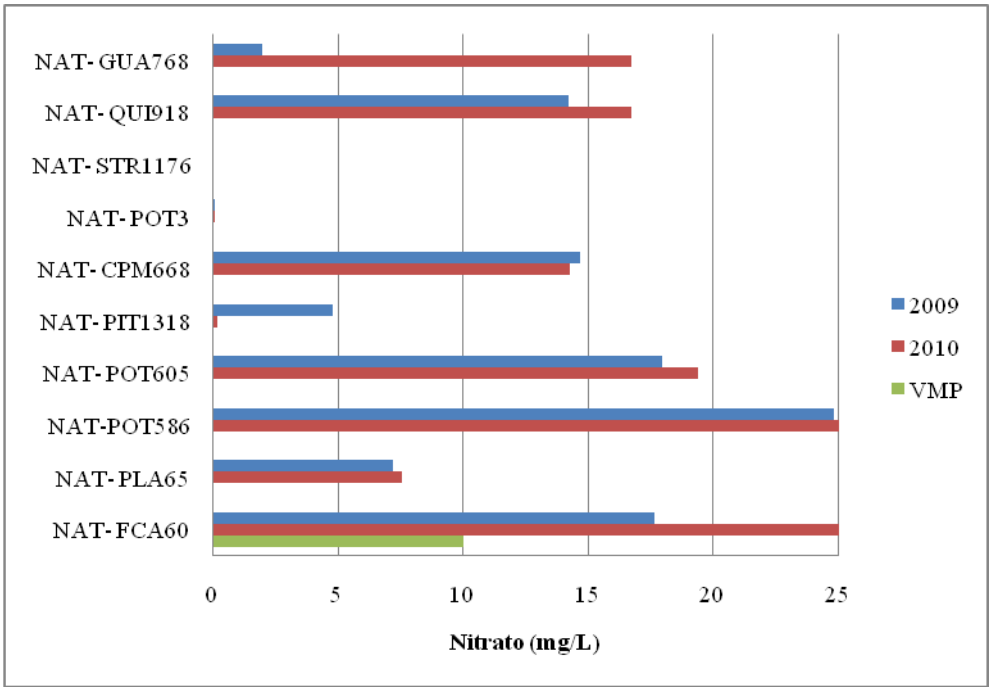


Figura 8.1 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Potengi

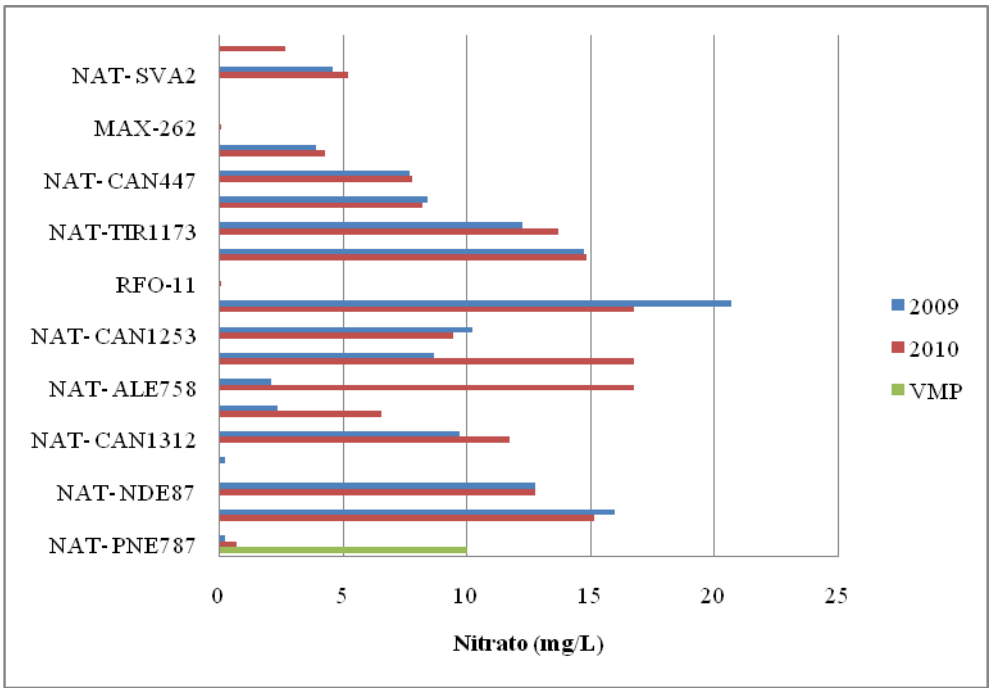


Figura 8.2 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litoranêa Leste de Escoamento Difuso

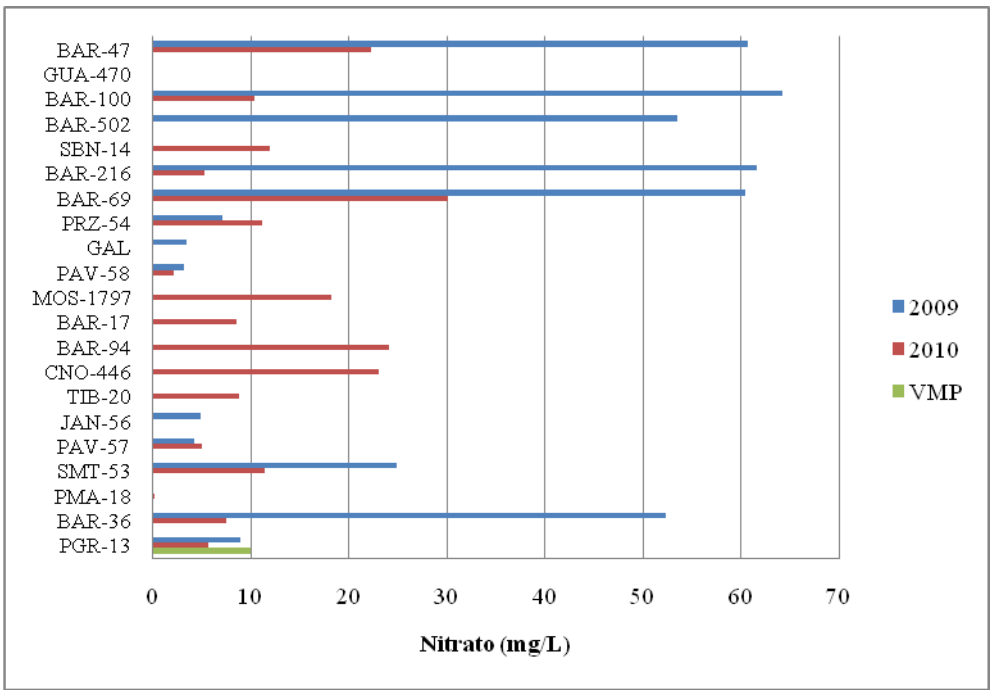


Figura 8.3 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

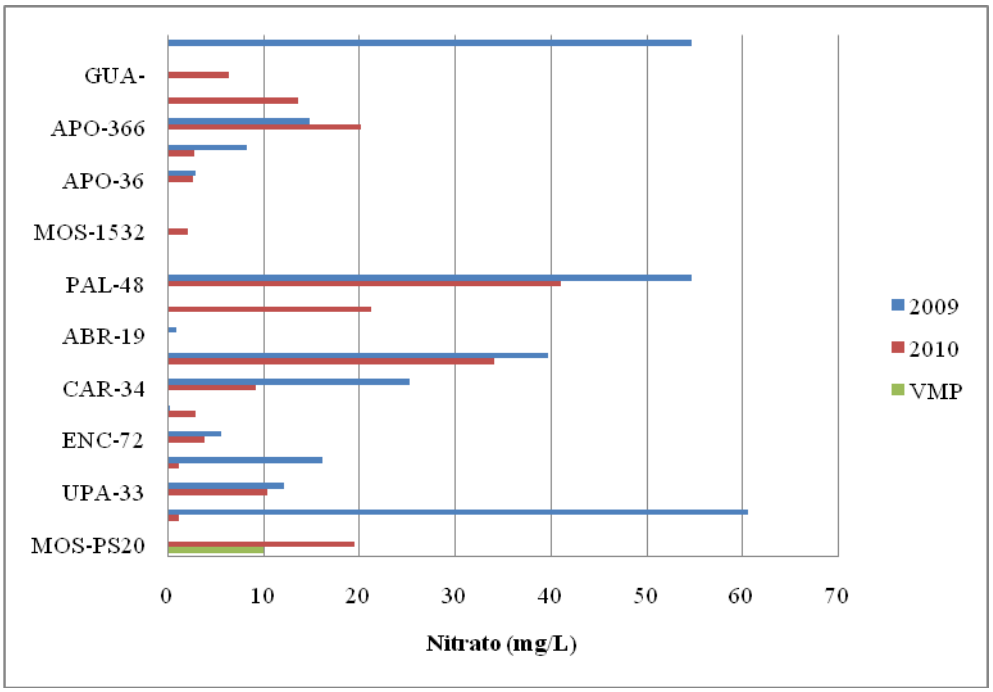


Figura 8.4 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

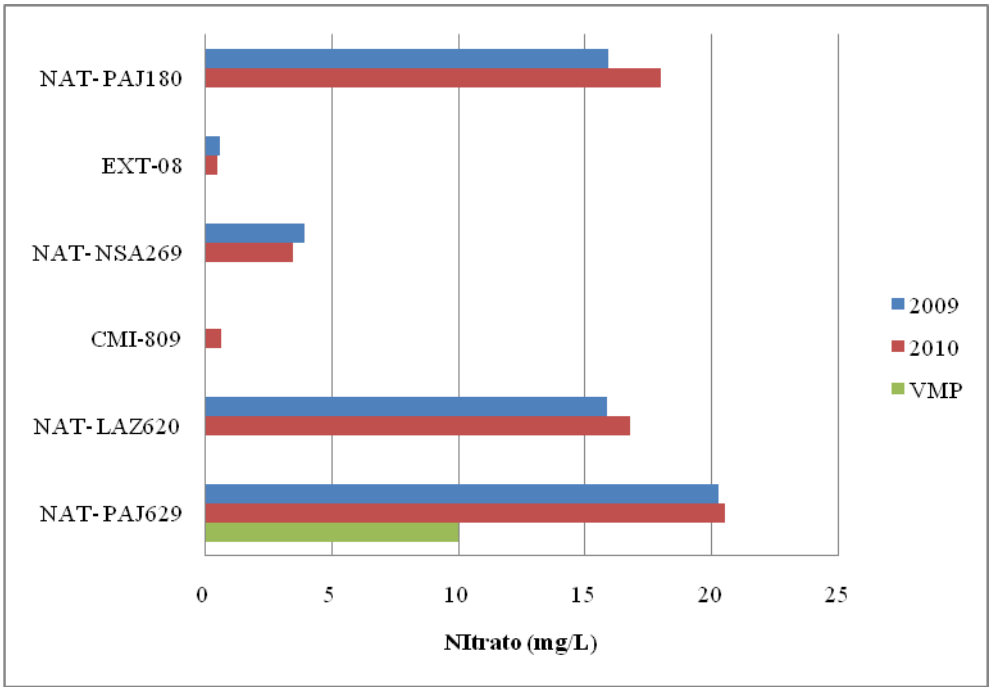


Figura 8.5 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Doce

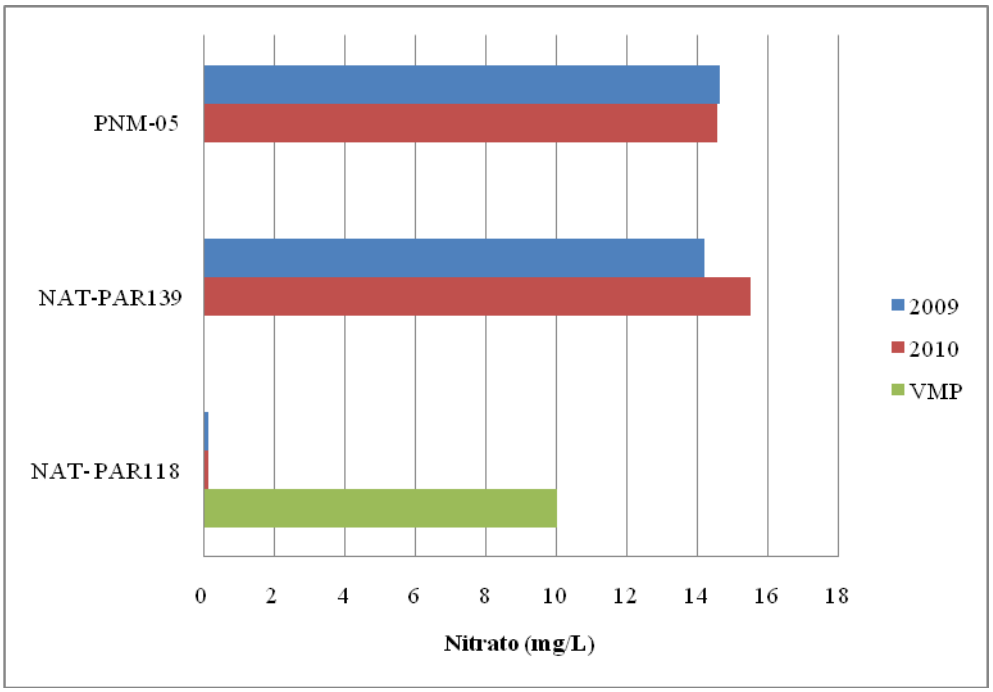


Figura 8.6 - Concentração do íon nitrato (mg/L) nos poços da Bacia Hidrográfica Pirangi

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

Os poços monitorados durante a primeira campanha do ano de 2010 apresentam elevado número de não conformidades em termos de indicadores microbiológicos, como coliformes fecais e totais e coliformes termotolerantes.

As águas utilizadas para beber, para preparar alimentos, etc. não podem conter microorganismos patogênicos como bactérias, protozoários ou vírus, uma vez que estes são causadores de doenças infecciosas, representando um risco à saúde humana e se constituem na principal causa da ocorrência de epidemias, especialmente nos locais onde as infra-estruturas sanitárias são insuficientes ou inexistentes.

Apenas os poços analisados nas bacias hidrográficas Potengi, Trairí, Boqueirão e Curimataú não apresentaram contaminação por bactérias. Entretanto, considerando o que está determinado na Portaria do Ministério da Saúde, nº 518/04, a qual determina que toda água distribuída à população seja submetida a processo de desinfecção, em imperioso que esse procedimento seja adotado em todos os poços utilizados para o consumo humano, cujos resultados não atendem à norma legal.

É importante ressaltar a necessidade de definição de um perímetro de proteção para os poços, além do manuseio correto durante o bombeamento e, em alguns casos, a realização de desinfecção do próprio poço. Outro aspecto importante diz respeito a ausência de manutenção desses poços, o que compromete a qualidade da água.

8.3 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS AGROTÓXICOS

Um conjunto de 8 amostras de água subterrânea coletadas nos poços do município de Baraúna foi analisado para determinação da presença de agrotóxicos indicados. Nenhuma amostra apresentou resíduos de agrotóxicos, como mostram as tabelas 7.15 e 7.16.

Dentre os aspectos relevantes para a tendência de contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos, conforme os critérios da Agência Americana de Proteção Ambiental - EPA, encontram-se a solubilidade em água, o coeficiente de adsorção à matéria orgânica, a meia vida no solo e a meia vida na água. Também deve ser considerado a pluviosidade anual, a presença de solo poroso e de aquífero não confinado.

A degradação do ingrediente ativo e extensão da biodegradação dependem das características do solo; portanto, a meia vida no solo (D_{50}: tempo, em geral em dias, para a concentração reduzir para metade) varia com parâmetros ambientais. A tendência atualmente é de produção de agrotóxicos com meia-vida curta para que eles sejam rapidamente degradados.

A não detecção de resíduo nas amostras coletadas não significa que estas águas não tiveram resíduos de agrotóxicos, uma vez que a coleta de água pode ter acontecido após um intervalo de tempo de várias meias vidas. Além desse fator, deve ser salientado que, na região de Baraúna, o uso de agrotóxicos não é contínuo e a meia-vida curta desses compostos dificulta a sua identificação num monitoramento com freqüência semestral.

8.4 POÇOS NOS QUAIS FORAM ANALISADOS BTEX

Os BTEX – benzeno, tolueno e etil xileno - são hidrocarbonetos monoaromáticos presentes nas águas como fonte de contaminação, provenientes de pátios de armazenagem de derivados de petróleo, oleodutos com vazamentos ou oficinas mecânicas e, principalmente, do vazamento de gasolina de tanques subterrâneos mal conservados ou mal manejados.

Os BTEX são os compostos aromáticos mais solúveis e mais móveis encontrados na gasolina (Poulsen *et al*. 1992) e que pode ser incrementada se esta for misturada com solventes

orgânicos oxigenados, tais como álcool e éteres, como é o caso da gasolina comercial brasileira que é misturada com etanol, que é um co-solvente potencial (Corseuil & Alvarez, 1996).

Esses compostos ao serem liberados no ambiente, podem ser biologicamente degradados, volatilizar-se, dissolver-se ou serem adsorvidos pelas partículas do solo. A análise de BTEX identificou somente tolueno acima do VMP na água do poço TIR355, em Natal. Os BTEX, em função da sua aderência ao solo, movimentam-se de forma relativamente lenta para o nível freático e, se houver oxigênio em grande quantidade, eles podem ser biologicamente degradados o que justifica não serem encontrados em amostras de água subterrânea mesmo que estejam presentes nas águas superficiais e/ou no solo.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os programas de monitoramento são essenciais para a proteção da água subterrânea, pois permitem o conhecimento da qualidade natural da água do aquífero e a coleta de novas informações do sistema, além da análise de possíveis perigos de contaminação da água e da eficácia das medidas de proteção da qualidade da água. Deve ser ressaltado que esse monitoramento difere do que é realizado para verificação do atendimento aos padrões de qualidade da água usada para o consumo humano.

Em função do custo elevado para a perfuração de poços dedicados ao monitoramento, optou-se no Programa Água Azul, pelo uso de poços de produção. Este uso, entretanto, limita a representatividade e confiabilidade do monitoramento, exercendo forte pressão na interpretação e extrapolação dos dados dos sistemas aqüíferos. A perda de informações ocorre principalmente em função da mistura de águas de águas com diferentes tempos de residência ou com evoluções hidrogeoquímicas diversas.

A escolha dos parâmetros analíticos também deve obedecer a um critério que priorize a situação do entorno do poço a ser monitorado, evitando, dessa forma, a determinação de parâmetros não representativos ou com possibilidade remota de serem identificados através da análise laboratorial. Deve ser considerada também a freqüência do monitoramento.

De acordo com os resultados obtidos na segunda campanha de monitoramento da água subterrânea, foi evidenciada a necessidade de programas de proteção da qualidade da água subterrânea. Ainda que os recursos institucionais sejam escassos, duas ações são de fundamental importância: a definição de zonas (ou perímetros) de proteção e a implementação das medidas de proteção. As ações devem ser implementadas em função do tipo de aquífero, podendo incluir:

- Instalação ou ampliação da rede de esgoto;

- Acompanhar o lançamento dos efluentes domésticos e/ou industriais;
- Reduzir o número de imóveis na área do entorno quando não estiver disponível um sistema de coleta e tratamento de efluentes;
- Definição de normas técnicas para o manuseio de substâncias químicas tóxicas;
- A escolha correta da área para destinação de resíduos sólidos.

As ações propostas anteriormente são vulneráveis a uma série de obstáculos que se opõem de forma contundente a essas medidas, sendo, em geral o fator econômico o mais importante. Todavia, a implementação das ações com base no contexto social e econômico da área sob avaliação, é requisito fundamental para o sucesso do controle do perigo de contaminação das águas subterrâneas.

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.