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
1º RELATÓRIO PARCIAL

NATAL, MARÇO 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
Engº Civil, Doutor e Pós Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Professor e Diretor do Centro de Tecnologia da UFRN

NELSON CÉSIO FERNANDES SANTOS- IGARN
Engº Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Coordenador de Gestão Operacional – IGARN

SÉRGIO LUIZ MACÊDO - IDEMA
Engº 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
Engº Civil, Mestre em Engenharia Química, Doutor e Pós Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental, Professor Associado da UFRN

MANOEL LUCAS FILHO- UFRN
Engº 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
Engº 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

4. OS AQUÍFEROS DO RIO GRANDE DO NORTE.....17
4.1. AQUÍFERO ALUVIAL.....18
4.2. AQUÍFERO JANDAÍRA.....19
4.3. CAMADA SEMI-CONFINANTE.....19
4.4. AQUÍFERO AÇU.....19
4.6. FORMAÇÃO BARREIRAS.....21
5. VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS E CARGAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES.....21
6. O ARCABOUÇO JURÍDICO E INSTITUCIONAL.....23
7.1 - ÁREA GEOGRÁFICA DO ESTUDO E ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM.....25
7.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE, COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS.....27
8.2 POÇOS QUE APRESENTAM VALORES FORA DO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA OS INDICADORES BIOLÓGICOS.....54
8.3 POÇOS EM QUE OUTROS PARÂMETROS ULTRAPASSARAM O VMP.....55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....57

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Ciclo hidrológico
Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte
Figura 5.1 – Processos de poluição da água subterrânea
Figura 7.1 – Estações de amostragem de água subterrânea
Figura 8.1 – Concentração do nitrato na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso
Figura 8.2 – Concentração do nitrato na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso
Figura 8.3 – Concentração do nitrato na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu
Figura 8.4 – Concentração do nitrato Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró
Figura 8.5 – Concentração do nitrato nos poços localizados no município de Natal

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Distribuição das áreas de recargas dos aquíferos nas regiões hidrográficas

Tabela 5.1 – Contaminantes comuns da água subterrânea e fontes de poluição

Tabela 6.1 – Vazões outorgadas pela Semarh por tipo de uso – 1997 a 20 de dezembro de 2009

Tabela 7.1 – Parâmetros Monitorados, Métodos Analíticos e Padrão de Potabilidade

Tabela 8.1 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Ceará-Mirim

Tabela 8.2–Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Boqueirão

Tabela 8.3 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

Tabela 8.4 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Tabela 8.5 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Trairí
Tabela 8.6 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Jacu
Tabela 8.7 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu
Tabela 8.8 – Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e orgânicas das amostras de água subterrânea no Município de Natal – Bacias Hidrográficas Doce, Pirangi e a Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso
Tabela 8.9 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró
Tabela 8.10 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Pirangi
Tabela 8.11 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Doce
Tabela 8.12 – Concentração do íon nitrato nos poços das bacias hidrográficas Boqueirão, Jacu, Pirangi, Trarí e Ceará-mirim

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^{-2} – 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

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APRESENTAÇÃO

A água é um recurso natural utilizado em todas as atividades humanas, desempenhando papel fundamental na manutenção dos ecossistemas e nos organismos dos seres vivos. Entretanto, diversas situações de conflito têm sido geradas pelo crescimento populacional e as diversas atividades antrópicas decorrentes desse crescimento.

O Estado do Rio Grande do Norte é fortemente dependente dos recursos hídricos subterrâneos e, nesse contexto, o conhecimento da qualidade dessas águas é um instrumento de gestão importante, com vistas ao uso racional desse recurso.

O Programa Água Azul executa, numa parceria entre diversas instituições, o monitoramento das águas subterrâneas e os dados e as informações constantes dessa publicação são resultantes desse esforço conjunto que devem auxiliar a tomada de decisão para gestão compartilhada e descentralizada dos recursos hídricos.

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de água na Terra não mudou desde sua origem há cerca de 2,5 bilhões de anos. Renovável através do ciclo hidrológico, o qual pode ser dividido em uma porção que é acessível ao homem e outra não, a água percorre um sistema fechado, perfeito, interdependente e extremamente complexo chamado hidrosfera. Apenas 1% de toda a água doce pode ser usada para o consumo dos seres humanos e não-humanos ressaltando que, desse total, 97% está armazenado em fontes subterrâneas ou nas calotas polares.

Avaliar os recursos hídricos significa pensar nas suas potencialidades e disponibilidades. A literatura científica ou da área define como "recursos potenciais" aqueles originados do regime natural dos escoamentos superficiais e subterrâneos sem a influência das atividades antrópicas. Por outro lado, os recursos disponíveis são resultantes de modificações do regime natural, por intervenção humana e variam de acordo com o aproveitamento e uso que deles é feito.

Água subterrânea é toda água que está abaixo do solo, sendo um aquífero o seu reservatório, caracterizado por camadas ou formações geológicas suficientemente permeáveis,

capazes de armazenar e transmitir água em grande quantidade. Vários fatores podem interferir na qualidade da água subterrânea, incluindo as condições naturais das rochas e ações antrópicas.

Os órgãos de recursos hídricos ou de regulamentação ambiental devem promover as estratégias de proteção das águas subterrâneas. Contudo, até poucos anos o Brasil não dispunha de instrumentos legais e institucionais para assegurar a qualidade dessas águas e evitar sua contaminação.

As águas subterrâneas brasileiras estão distribuídas de forma irregular. Os aquíferos com maior potencial estão localizados em terrenos sedimentares, correspondendo a 48% da área do território nacional. O semi-árido nordestino com ocorrência de rochas cristalinas é a área aqüífera de menor potencial. As áreas de recarga desses aquíferos são apresentadas na tabela 1.1, observando que o uso das águas subterrâneas tem se intensificado nas últimas décadas.

Da mesma forma que as águas de superfície, as águas subterrâneas têm sido exploradas de modo desordenado, muito embora no caso do Estado do Rio Grande do Norte os recursos hídricos subterrâneos sejam fundamentais para o abastecimento público e privado.

O Programa Água Azul objetiva o atendimento à Lei nº 272/2004, a qual estabelece o monitoramento ambiental como um dos instrumentos da Política Estadual de Meio Ambiente, cujo órgão executor é o IDEMA. Além disso, o Programa contribui para que o IGARN atenda às competências previstas na Lei nº 8.086, de 15 de abril de 2002, em seu artigo 3º, inciso II, na medida que contribui para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei n.º 6.908, de 1° de julho de 1996.

Fruto de uma parceria entre diversas instituições, o Programa Água Azul realiza o monitoramento da qualidade das águas dos aquíferos potiguares, através de coletas semestrais em 100 poços, objetivando a caracterização e avaliação da qualidade, a proteção e o uso racional das águas subterrâneas.

Tabela 1.1 – Distribuição das áreas de recargas dos aquíferos nas regiões hidrográficas

Região Hidrográfica	Sistema Aqüífero (% da área de recarga do aqüífero em relação à área da região hidrográfica)
Amazônica	Solimões (11,8%) - Alter do Chão (7,5%) - Parecis (2,1%) - Boa Vista (0,4%) - Barreiras (0,3%)
Tocantins/Araguaia	Barreiras (6,4%) - Itapecuru (5,0%) - Poti-Piauí (3,4%) - Bambuí (3,2%) - Alter do Chão (2,6%) - Urucuia-Areado (2,3%) - Ponta Grossa (1,2%) - Corda (0,9%) - Furnas (0,9%) - Cabeças (0,6%) - Guarani (0,4%) - Bauru-Caiuá (0,2%) - Motuca (0,1%)
Atlântico NE Ocidental	Itapecuru (58,0%) - Barreiras (8,5%) - Corda (7,4%) - Motuca (1,7%) - Serra Grande (0,1%)
Parnaíba	Poti-Piauí (25,7%) - Cabeças (8,7%) - Serra Grande (8,5%) - Urucuia-Areado (2,2%) - Corda (1,9%) - Barreiras (1,8%) - Motuca (1,5%) - Exu (0,2%)
Atlântico NE Oriental	Barreiras (12,5%) - Jandaíra (4,0%) - Açu (1,3%) - Exu (1,0%) - Serra Grande (0,6%) - Missão Velha (0,4%) - Tacaratu (0,3%) - Beberibe (0,1%)
São Francisco	Bambuí (22,4%) - Urucuia-Areado (18,2%) - Marizal (0,8%) - Exu (0,5%) - Tacaratu (0,4%) - Inajá (0,1%) - São Sebastião (0,04%)
Atlântico Leste	Barreiras (8,0%) - Marizal (3,6%) - São Sebastião (1,7%) - Bambuí (1,1%)
Atlântico Sudeste	Barreiras (2,6%) - Furnas (0,1%)
Atlântico Sul	Serra Geral (27,0%) - Guarani (1,5%)
Uruguai	Serra Geral (80,0%)
Paraná	Bauru-Caiuá (38,0%) - Serra Geral (23,9%) - Guarani (3,1%) - Bambuí (0,6%) - Furnas (0,5%) - Ponta Grossa (0,2%)
Paraguai	Guarani (8,9%) - Bauru-Caiuá (4,3%) - Furnas (3,2%) - Serra Geral (3,1%) - Ponta Grossa (2,9%) - Parecis (1,8%)

Fonte: Agência Nacional de Águas - Conjuntura dos Recursos Hídricos (2009), em http////: conjuntura. ana.gov.br: acesso em 10 de maio de 2009.

Este Relatório apresenta a metodologia e os resultados obtidos na primeira campanha de monitoramento, realizada no período de maio a setembro de 2009 nas seguintes bacias hidrográficas: Piranhas-Açu, Jacu, Boqueirão, Trairí, Apodi-Mossoró, Pirangi, Doce, Ceará-mirim, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso (FLLED) e a Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso (FLNED). Foram monitorados 29 parâmetros físico-químicos e microbiológicos para caracterização da qualidade das águas.

Este relatório apresenta também uma interpretação dos dados do monitoramento da qualidade dos aquíferos por bacia hidrográfica, discutindo ainda as informações disponíveis sobre quantidade e disponibilidade hídrica dos mananciais subterrâneos.

2. OBJETIVO

O Programa Água Azul monitora a 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. Assim, o Programa Água Azul tem como um de seus objetivos subsidiar a Gestão das águas subterrâneas, visando sua proteção e seu uso racional, em atendimento à Lei Estadual nº 6.908, de 01 de julho de 1996.

3. A OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E A SUA IMPORTÂNCIA PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

O Rio Grande do Norte possui grande parte do seu território inserido na região do semi-árido nordestino, onde as águas subterrâneas assumem papel fundamental como fonte para o abastecimento industrial, agrícola e, especialmente, doméstico. Essas águas são, portanto, uma reserva estratégica em função da escassez de recursos hídricos superficiais.

O ciclo hidrológico (figura 3.1) é o mecanismo regulador através do qual a água circula da atmosfera para os oceanos e continentes, de onde retorna via superfície ou sub-superfície para o oceano.

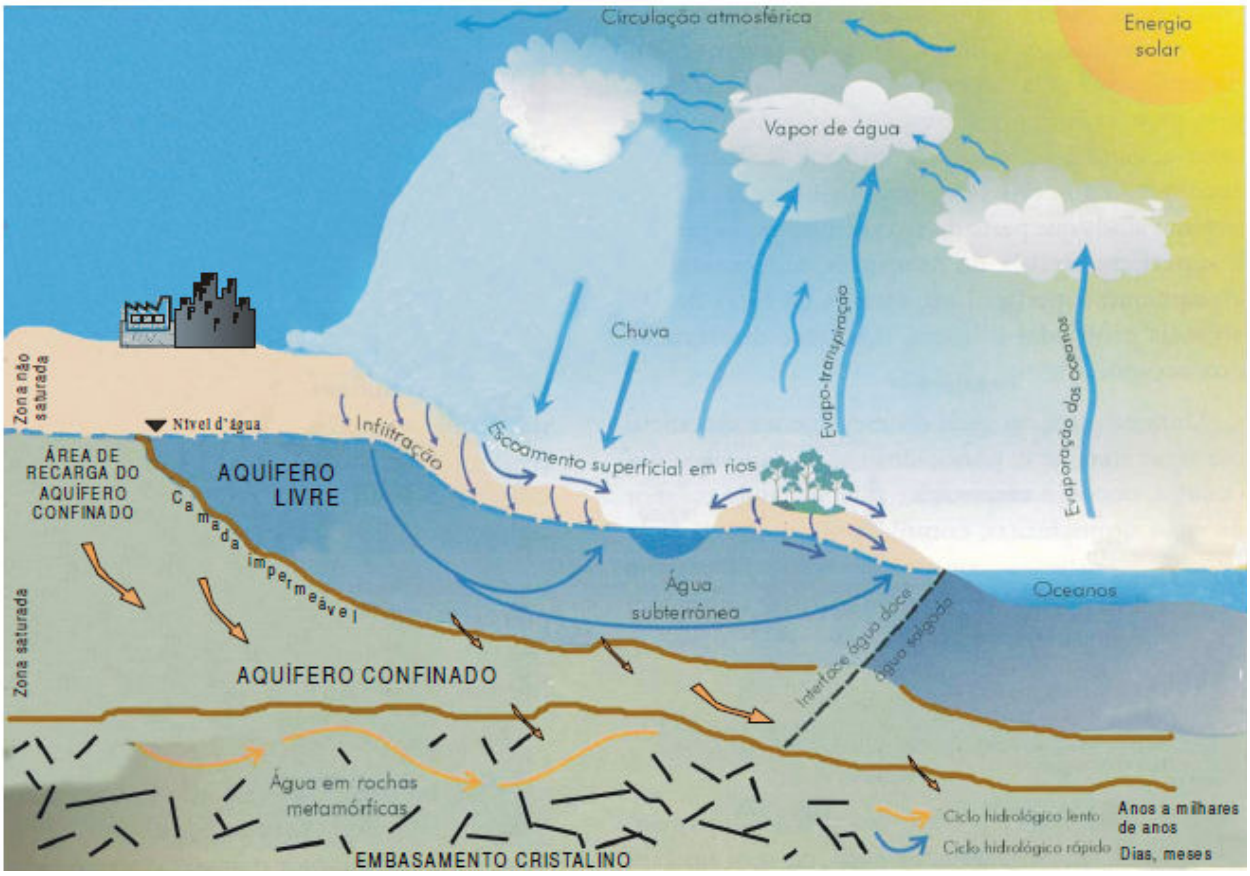


Figura 3.1 - Ciclo hidrológico (Teixeira *et al*, 2000)

Parte da água que precipita sobre a superfície da Terra infiltra e preenche os poros ou fraturas do subsolo e, ao encontrar barreiras menos permeáveis, acumula-se formando a zona saturada. Esse movimento descendente permite a recarga de aquíferos, sendo que também . Há também o movimento das águas no sentido horizontal (e eventualmente ascendente) que permite que as mesmas atinjam rios, mares e reservatórios.

É importante ressaltar que toda a movimentação da água subterrânea ocorre de forma bastante lenta, e o seu contato com as rochas permite o arraste de elementos químicos que vão alterando sua composição. Portanto, cada aquífero possui propriedades físico-químicas que podem variar regionalmente num mesmo aquífero e/ou ao longo do tempo.

O uso das águas subterrâneas no Estado do Rio Grande do Norte, em função da sua qualidade natural e dos recursos tecnológicos disponíveis para a sua captação, tem crescido de forma significativa nas últimas décadas, sendo que o gerenciamento integrado dos mesmos é dificultado pela não coincidência entre os limites do aquífero com os da bacia hidrográfica.

O abastecimento público de muitos municípios do Rio Grande do Norte depende da água subterrânea proveniente de diferentes aquíferos, incluindo aquíferos confinados em que a recarga é

praticamente nula. Além dos poços tubulares com grande profundidade, são utilizadas também as cacimbas e os poços rasos. As cacimbas em geral não seguem um padrão construtivo que permita a proteção sanitária e há grande risco de contaminação microbiológica de suas águas.

Outro uso importante da água subterrânea no Estado é o industrial, especialmente na área de domínio do aqüíferas Barreiras. Deve ser destacado também o uso para irrigação no Barreiras e no aquífero Jandaira.

De acordo com dados disponíveis na Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, as vazões de águas subterrâneas outorgadas no RN se destinam, em ordem decrescente, ao abastecimento público, ao abastecimento industrial e à irrigação.

4. OS AQUÍFEROS DO RIO GRANDE DO NORTE

Os estudos elaborados pela Secretaria de Recursos Hídricos entre 1997-1998, fornecem a caracterização da hidrogeologia regional. Os aquíferos do Rio Grande do Norte são nominados abaixo e apresentados na figura 4.1. Nos itens seguintes é apresentada uma breve descrição desses aquíferos, extraídas em parte do trabalho de Vasconcelos (2006).

- 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.

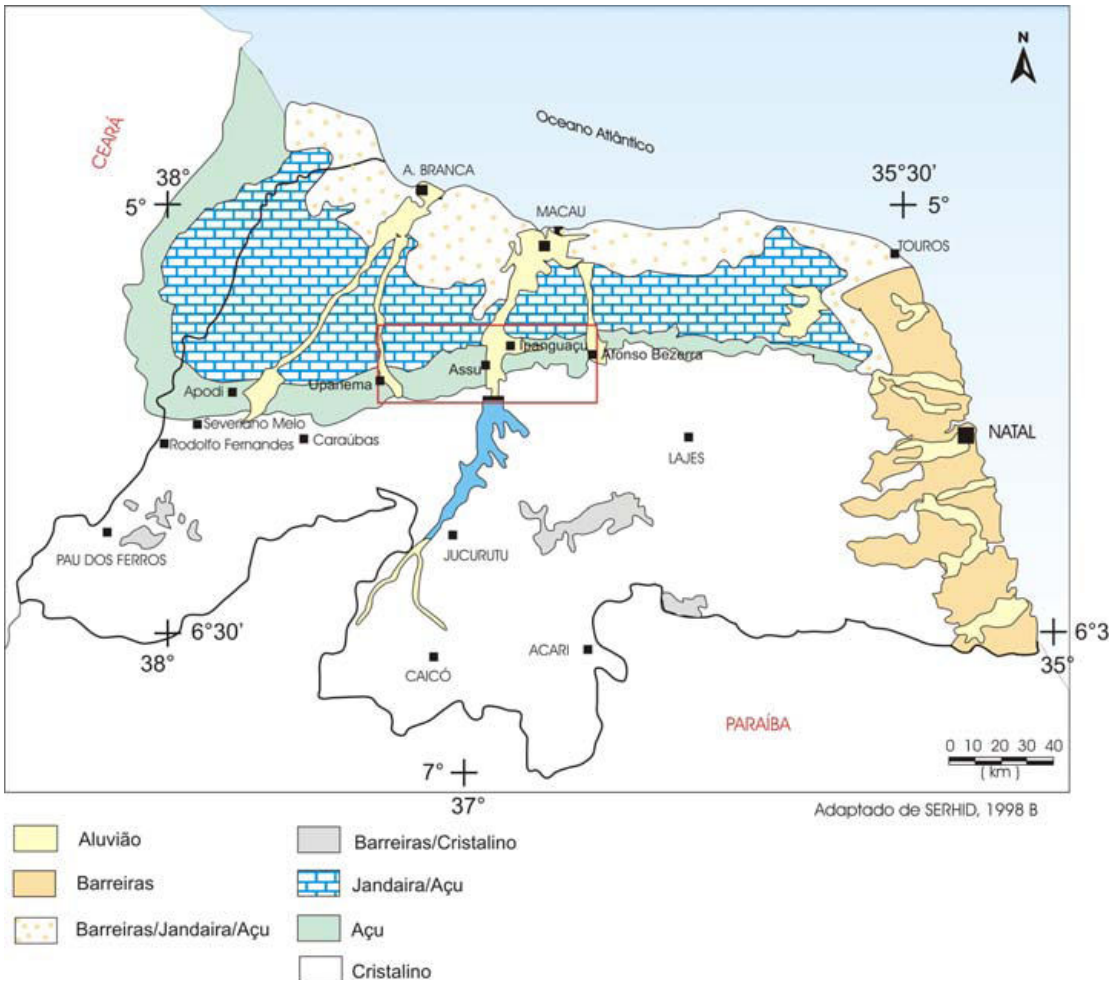


Figura 4.1 – Aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte

4.1. AQUÍFERO ALUVIAL

Os aquíferos aluvionares do Rio Grande do Norte 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.

Areias grossas de seleção média, com cascalho ou pedregulho grosso e finas intercalações argilosas, formam os perfis do terreno até aproximadamente 4 m e na parte superior dos aluviões predominam areias finas a médias por vezes bastante argilosas. Em algumas áreas há um confinamento dos terrenos arenosos subjacentes em função da existência de uma porção superior com predomínio da argila. As precipitações e o próprio fluxo superficial dos rios nos períodos de cheia recarregam os aluviões. A evapotranspiração é o principal exutório desses aquíferos, cujos

poços são capazes de produzir vazões de até 12 m^3/h. Os principais aquíferos 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.

4.2. AQUÍFERO JANDAÍRA

O aquífero Jandaíra compreende uma área de aproximadamente 15.598 km^2 no Estado do Rio Grande do Norte, sendo 5.980 km^2 recobertos pelo Grupo Barreiras, aluviões e dunas. Localiza-se na porção superior da seqüência carbonática da Formação Jandaíra, dispondo-se sub-horizontalmente, com espessuras variando de 50 a 250 metros.

É um aquífero essencialmente 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 aquífero Açu. Com ampla variação litológica vertical e horizontal, a Formação Jandaíra é constituída por calcários cinzas e cremes, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos.

4.3. CAMADA SEMI-CONFINANTE

Uma camada semi-permeável (*aquitard*), constituída por diferentes litologias, separa os aquíferos 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 Aquífero 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 aquífero Jandaíra.

4.4. AQUÍFERO AÇU

É o mais importante sistema aquífero 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. Estudos realizados por MEDEIROS *et al.*, (2001) evidenciaram a ocorrência de altos e baixos estruturais que exercem grande influência nas espessuras saturadas do aquífero Açu e condicionam a ocorrência de setores com diferentes

transmissividades hidráulicas e diferentes possibilidades hidrogeológicas em termos de produtividade de poços e armazenamento de águas subterrâneas.

A Formação Açu apresenta-se essencialmente arenosa na base, graduando para sedimentos mais pelíticos em direção ao topo. O aquífero Açu corresponde à porção inferior, essencialmente arenosa, sendo constituído de arenitos predominantemente grossos a conglomeráticos na base, passando a arenitos médios na porção intermediária e arenitos mais finos no topo, com uma argilosidade continuamente crescente no sentido vertical. A infiltração das águas ocorre na zona de afloramento da Formação Açu, seguindo no sentido de sul para norte em direção ao mar.

O semi-confinamento ou confinamento do aquífero 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 aquíferos 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 aquífero é mais bem conhecido e a Plataforma Leste ou Plataforma de Touros, a leste do Rio Açu, onde este aquífero ainda é pouco conhecido. Estas regiões podem ser separadas grosseiramente pelo vale do rio Açu ou, mais precisamente, pela Grande Falha de Carnaubais.

4.5. FORMAÇÃO CRISTALINO

A porção centro-oeste e grande parte do sul do Estado do Rio Grande do Norte é constituída por uma estrutura cristalina, originada 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 área abrangida pela estrutura cristalina é caracterizada por médias pluviométricas anuais distintas em diferentes setores do estado, com ocorrências que variam de 650 a 100mm/ano. Com relação à classificação climática, temos climas dos tipos BSs'h', BSw'h' e Aw. As unidades lito-estratigráficas que ocorrem na área de estudo se referem ao Grupo Caicó, que constitui o Complexo Gnáissico-Migmatítico, formado dominantemente deortognaisses, granodioritos, tonalitos e granitos; Grupo Seridó que compreende a Formação Seridó (micaxistos em geral), Formação Equador (quartizitos) e Formação Jucurutu (paragnaisses);Granitóides

Brasilianos de Umarizal formado por granitos e pegmatitos diversos; e coberturas terciárias sedimentares.

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.

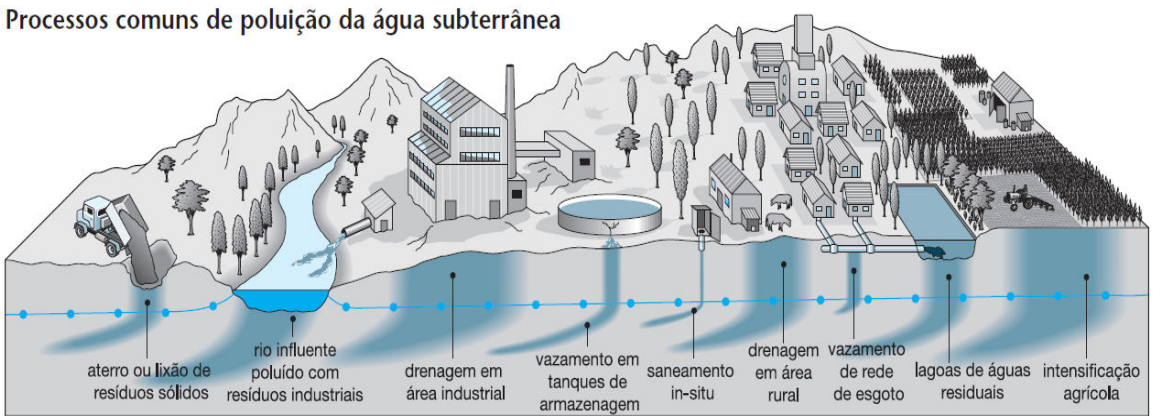
4.6. FORMAÇÃO BARREIRAS

Na porção centro norte e todo o litoral do Estado é formado 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. VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS E CARGAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

O conceito de vulnerabilidade do aquífero à contaminação, utilizado de forma intuitiva a partir da década de 1970 (Albinet e Margat,1970) e ampliado na década de 1980 (Haertle,1983; Aller *et al*,1987 e Foster e Hirata, 1988), pode ser definido como sua suscetibilidade a sofrer os efeitos adversos de uma carga contaminante aplicada na superfície (Foster, 1987).

A infiltração da água da chuva na superfície do solo é a principal origem da água subterrânea e, desse modo, as atividades antrópicas na superfície influenciam diretamente esse manancial. Portanto, os aquíferos podem ser poluídos quando a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura é excedida em função do aporte de emissões e lixiviados produzidos pela atividade humana (Figura 5.1).



Fonte – Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Utilities, Municipal Authorities and Environment Agencies (2002)

Figura 5.1 – Processos de poluição da água subterrânea

A atenuação das cargas poluentes pela maioria dos perfis naturais de subsolo assegura a eliminação dos contaminantes durante o transporte subsuperficial na zona vadosa, como resultado da degradação bioquímica e de reações químicas, embora o grau de atenuação varie de acordo com os tipos de contaminantes e processos associados a um dado ambiente hidrogeoquímico. Deve ser ressaltada a importância dos fenômenos de sorção nos processos de retardamento dos contaminantes, considerando que aumentam o tempo disponível para que as reações de degradação ocorram, resultando na eliminação dos contaminantes.

O risco de contaminação é especialmente significativo nos aquíferos não confinados, cuja zona vadosa é pouco espessa. Riscos de poluição também estão presentes nos aquíferos semi-confinados se os aquitardes forem pouco espessos e permeáveis.

A atividade antrópica no solo é capaz de modificar os mecanismos de recarga dos aquíferos, produzindo alterações na taxa, freqüência e qualidade da recarga. Na tabela 5.1 são apresentadas as atividades com potencial de contaminação das águas subterrâneas e os compostos contaminantes mais freqüentes.

Deve-se ressaltar que os aspectos construtivos dos poços são fundamentais para assegurar a qualidade da água. No Rio Grande do Norte, entretanto, a crescente utilização de águas subterrâneas propiciou a construção de poços que não atendem às normas técnicas regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT , o que representa risco de contaminação das águas subterrâneas em função da possível interconexão gerada entre as águas mais rasas e as mais profundas. Vários fatores construtivos podem contribuir para contaminação das águas subterrâneas, com destaque para a ausência de perímetro de proteção, a

proximidade com pontos potencialmente contaminantes e inexistência de tampa de vedação do poço.

Tabela 5.1 – Contaminantes comuns da água subterrânea e fontes de poluição

ORIGEM DA POLUIÇÃO	TIPO DE CONTAMINANTE
Atividade agrícola	nitrato, amônio, pesticidas, organismos fecais
Saneamento *in situ*	nitrato, hidrocarbonetos halogenados, microorganismos
Garagens de postos de serviço	hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, benzenos e fenóis
Disposição de resíduos sólidos	amônio, salinidade, hidrocarbonetos halogenados, metais pesados
Indústrias metalúrgicas	tricloroetileno, tetracloretileno, hidrocarbonetos halogenados, fenóis, metais pesados, cianureto
Pintura e esmaltação	alquilbenzeno, hidrocarbonetos halogenados, metais, hidrocarbonetos aromáticos, tetracloetileno
Indústrias de madeira	pentaclorofenol, hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos halogenados
Limpeza a seco	tricloroetileno, tetracloretileno
Indústria de pesticida	hidrocarbonetos halogenados, fenóis, arsênico
Despejo de lodo do esgoto	nitrato de amônio, hidrocarbonetos halogenados, chumbo, zinco
Curtumes	cromo, hidrocarbonetos halogenados
Extração/exploração de gás e petróleo	salinidade (cloreto de sódio), hidrocarboneto aromáticos
Mineração de carvão e matalíferos	acidez, metais pesados, ferro, sulfatos

Fonte – Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Utilities, Municipal Authorities and Environment Agencies, (2002)

6. O ARCABOUÇO JURÍDICO E INSTITUCIONAL

O Código de Águas, instituído pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, foi a primeira norma legal que possibilitou o Poder Público disciplinar o uso industrial das águas. O decreto, entretanto, não impediu a degradação dos recursos hídricos, como crescimento econômico e social da sociedade brasileira.

A partir de 1970, com o agravamento da poluição ambiental e das questões daí resultantes, diversos fóruns de discussão sobre a água debruçaram-se sobre a necessidade de promover a modernização da gestão dos recursos hídricos, com ênfase na participação da sociedade. A consolidação dessa reforma ocorreu em fins da década de 1980, quando a Constituição Federal de 1988 instituiu o Sistema Nacional de Recursos Hídricos como competência exclusiva da União. Com a sanção da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, se estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Tal instrumento legal é considerado um dos mais modernos do mundo e tem fomentado a conscientização de parcela significativa da sociedade no sentido de amadurecer as discussões pertinentes a gestão da água.

No Rio Grande do Norte, a Constituição Estadual define em seu artigo 18, inciso XI, que compete ao Estado:

> *"registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seu território".*

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. Essa lei estabelece como uma de suas diretrizes gerais (artigo 3º, inciso III):

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

A gestão integrada dos recursos hídricos requer, portanto, por meio dos órgãos gestores, o monitoramento da quantidade e qualidade, as informações sobre a ocorrência e potencial hídrico dos aquíferos e o conhecimento da vulnerabilidade natural em escala regional. A tabela 6.1 apresenta as vazões outorgadas no Estado do Rio Grande do Norte, de acordo com o tipo de uso, incluindo águas superficiais e subterrâneas até 2009.

Tabela 6.1 – Vazões outorgadas pela SEMARH por tipo de uso - 1997 a 20 de dezembro de 2009

Tipo de Uso	Vazões Outorgadas no Período		Vazões Outorgadas Acumuladas de 1997 a 20 de dezembro de 2009	
	(m^3/dia)	%	(m^3/dia)	%
Animal	6,4	0,002	2.247,31	0,07
Carcinicultura	4.014,88	1,555	1.433.488,70	47,28
Humano	24.818,82	9,615	342.349,91	11,29

Indústria	62.049,70	24,039	148.539,10	4,9
Irrigação	167.029,61	64,711	1.019.121,25	33,61
Outros Usos	198,00	0,077	86.439,97	2,85
TOTAL	258.117,41	100	3.032.186,24	100

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (2010)

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 - ÁREA GEOGRÁFICA DO ESTUDO E ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

A área de estudo deste monitoramento são as bacias hidrográficas Piranhas-Açu, Jacu, Boqueirão, Trairí, Curimatau, Punaú, Maxaranguape, Apodi-Mossoró, Pirangi, Doce, Catu, Ceará-mirim, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e a Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso, com poços em terrenos sedimentares, região do cristalino e aluviões dos rios, compreendendo quase toda a totalidade do Estado do Rio Grande do Norte.

As estações de amostragem estão definidas na figura 7.1, identificadas por bacia hidrográfica.

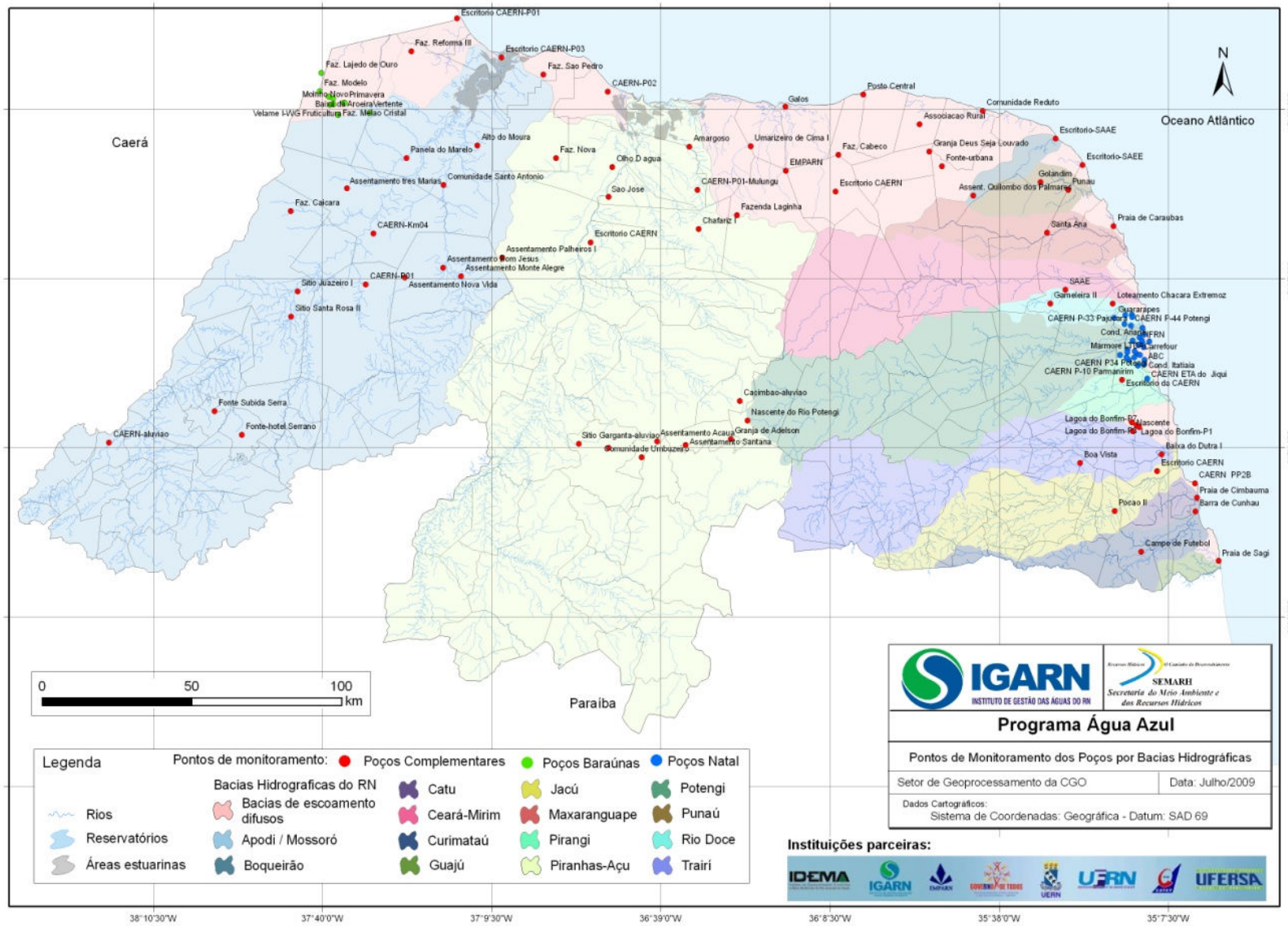


Figura 7.1 – Estações de amostragem de águas subterrâneas do Programa Água Azul (Fonte: IGARN, 2009)

7.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE, COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS

A primeira campanha de coleta de amostras foi realizada no período março a setembro de 2009. As amostras foram coletadas em poços tubulares, bem distribuídos espacialmente no estado do RN. A amostragem foi precedida de um bombeamento dos respectivos poços por um período mínimo de 15 minutos, com o objetivo de obter dados representativos da água subterrânea, minimizando a coleta de águas estagnadas no interior dos poços.

Para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas e definição de valores de referência foram selecionados 25 parâmetros, priorizando os que são definidos como padrão de potabilidade pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004 e os parâmetros indicadores de ação antrópica.

No momento das coletas, em cada ponto, foram identificadas algumas características não mensuráveis da amostra e do local da coleta, através do preenchimento de formulários específicos, contemplando as seguintes informações:

- Odor da amostra
- Presença de resíduos sólidos no local da coleta
- Presença de lançamento de efluentes no local da coleta
- Condições de tempo (chuva, nebulosidade, etc.)

Os valores de temperatura, cor, turbidez, pH e condutividade foram medidos logo após a coleta. Para as demais caracterizações, as amostras foram conservadas e encaminhadas ao laboratório, onde foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura (ºC), cor (uH), turbidez (UT), pH, condutividade elétrica (µS/cm), sólidos totais a 105ºC (mg/L), sólidos dissolvidos totais (mg/L), sólidos em suspensão (mg/L), alcalinidade total (mg/L $CaCO_3$), alcalinidade de hidróxido (mg/L $CaCO_3$), alcalinidade de carbonato (mg/L $CaCO_3$), alcalinidade de bicarbonato (mg/L $CaCO_3$), dureza total (mg/L $CaCO_3$), nitrogênio amoniacal (mg/L $N\text{-}NH_3$), nitrito ($N\text{-}NO_2$), nitrato ($N\text{-}NO_3^-$), cálcio (mg/L Ca^{2+}), magnésio (mg/L Mg^{2+}), sódio (mg/L Na^+), potássio (mg/L K^+), ferro (mg/L Fe Total), carbonato (mg/L CO_3^{2-}), bicarbonato (mg/L HCO_3^-), sulfato (mg/L SO^{4-}) e cloreto (mg/L Cl^-). As amostras também foram coletadas para análise de parâmetros bacteriológicos; coliformes totais (UFC/100mL) e coliformes termotolerantes (UFC/ 100mL).

Durante as amostragens foram coletados os 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.

Para garantir e preservar as características das amostras desde a coleta até o momento de sua análise, foram utilizados procedimentos de conservação que levam em consideração o agente conservante, o tipo de vasilhame e o volume adequado para a determinação de cada parâmetro.

Na tabela 7.1 estão apresentados os parâmetros monitorados nessa primeira campanha, o método analítico utilizado e os valores máximos permitidos (VMP) pelo padrão de potabilidade, constante na Portaria MS Nº 518/2004.

Tabela 7.1 – Parâmetros Monitorados, Métodos Analíticos e Padrão de Potabilidade

Parâmetros Monitorados	Métodos Analíticos	Unidade	Padrão (Portaria MS 518/04)
pH	pHmetria		6,5-9,5
Condutividade elétrica	Condutivimetria	µS/cm	
Cor	Colorimetria	uH	
Turbidez	Turbidimetria	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 $CaCO_3$	500
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	Cromatografia de Íons	mg/L N	1
Nitrato	Cromatografia de Íons	mg/L N	10
Cálcio	ICP-OES	mg/L Ca^{++}	
Magnésio		mg/L Mg^{++}	
Sódio	ICP-OES, Fotometria de chama	mg/L Na^{+}	200
Potássio	ICP-OES, Fotometria de chama	mg/L K^{+}	
Ferro	ICP-OES	mg/L Fe	0,3
Carbonato		mg/L CO_3^{-}	
Bicarbonato		mg/L $CaCO_3$	
Cloreto	Volumetria	mg/L Cl	250
Sulfato	Cromatografia de Íons	mg/L $SO_4^{=}$	250
Benzeno	CG /FID – PID	µg/L	5
Etil Benzeno	CG /FID – PID	µg/L	200
m,p - Xileno	CG /FID – PID	µg/L	300
o-Xileno	CG /FID – PID	µg/L	300
Tolueno	CG /FID – PID	µg/L	170

Após a obtenção dos resultados analíticos para os parâmetros físico-químicos, os mesmos foram submetidos a testes de consistência, através do cálculo da diferença do balanço iônico-

DBI, onde se adotou um erro máximo permissível de 10% (*in* Feitosa e Manoel Filho, 1997). Essa prática, entretanto, não foi estendida a todos os poços analisados porque algumas análises estavam incompletas. Na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró e na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso os resultados extremamente elevados obtidos para o parâmetro nitrato também impediram a adoção desse critério.

No plano de trabalho do Programa Água Azul foram previstas as análises de agrotóxicos em dez poços localizados no município de Baraúna. Embora a coleta tenha sido realizada, problemas na remessa das amostras para o laboratório terceirizado, pela UFRN, provocaram a perda das mesmas, razão pela qual os resultados não apresentados no presente relatório.

8. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As tabelas 8.1 a 8.11 apresentam a síntese dos resultados do monitoramento por bacia hidrográfica. Os poços monitorados no município de Natal, em função da sua importância para o abastecimento humano, foram agrupados em uma mesma tabela, embora pertençam as bacias hidrográficas Pirangi, Doce e a Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso. Os dados obtidos, além de outros critérios, foram comparados com os Valores Máximos Permitidos para consumo humano, de acordo com Resolução CONAMA 396/08 e eventualmente com a Portaria MS Nº 518/2004.

Tabela 8.1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Ceará-Mirim

PARÂMETROS	Fonte Casa Sr. Pedro	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	7,1	-
Bicarbonato (mg/L)	72,47	-
Cálcio (mg/L)	35,27	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	154,07	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	928,73	-
Cor (uH)	40	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	187,79	-
Ferro (mg/L)	0,24	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	23,57	-
Magnésio (mg/L)	24,22	-
Sódio (mg/L)	90	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,14	-
Nitrito (mg/L N)	0,02	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	15,56	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	592	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	50,5	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	13,33	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$2,5x10^3$	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$5,5x10^3$	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.2 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Boqueirão

PARÂMETROS	Escritório SAAE	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	8	-
Bicarbonato (mg/L)	64,01	-
Cálcio (mg/L)	12,79	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)		250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	151,8	-
Cor (uH)	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	60,98	-
Ferro (mg/L)	0,12	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	4,12	-
Magnésio (mg/L)	7,05	-
Sódio (mg/L)	12,77	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,03	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	89,6	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,17	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	0	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.3 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	Comunidade Reduto	Posto Central	Granja Deus Seja Louvado	Associação Rural	EMPARN	Fazenda Laginha	Faz. São Pedro	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,6	8	7,1	8	7,6	8	8,3	-
Bicarbonato (mg/L)	97,83	49,52	341,8	193,8	474,67	350,26	235,52	-
Cálcio (mg/L)	55,81	15,5	234,5	0	102,71	153,1	228,68	-
Carbonato (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	188,87	16,57	629,55	328,03	225,31	513,58	2286,27	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1.052	98,2	2543,98	2271	5	2328,93	6845,0	-
Cor (uH)	0	>100	0	0	561,44	0	0,0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	243,94	46,46	1113,2	871,2	561,44	803,44	1839,20	-
Ferro (mg/L)	0,05	1,64	0,08	0,11	0,08	0,15	0,07	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	50,92	3,24	9,62	5,29	30	10,71	27,14	-
Magnésio (mg/L)	25,39	1,88	128,14	94,05	74,06	102,28	308,00	-
Sódio (mg/L)	104	6,66	159,72	155	120	184,21	815,79	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,01	0,02	0,05	0,03	0	0,04	0,04	-
Nitrito (mg/L N)	0,03	0	0	0	0,01	0	0,01	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	24,95	0,19	7,18	8,96	4,25	3,21	9,83	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	735,6	148	1981,6	1874,8	1005,2	1694,8	4828,80	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	89,11	1,33	187,23	182	84,48	120,06	21,19	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,05	24,44	0,1	0	0,25	0,05	0,0	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	$3,4x10^2$	0	3	$1,1x10^3$	$2,3x10^2$	65	60	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$6,8x10^2$	5	$3,4x10^2$	$4,1x10^3$	$6,8x10^2$	210	200	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Cont. Tabela 8.3 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	PB502	P036	P216	PB069	PB102	PB100	PB50 WG Fruticultura	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,55	7,15	7,64	7,47	7,38	7,6	7,56	-
Bicarbonato (mg/L)	35,0	32,0	35,0	34,0	34,0	33,0	33,0	-
Cálcio (mg/L)	18,8	17,5	22,5	26,8	18,2	18,2	18,0	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	358,82	183,9	280,8	278,6	144,3	300,3	184,6	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	0,28	0,19	0,28	0,27	0,13	0,29	0,18	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	540,0	500	540,0	500,0	460,0	510,0	470,0	-
Ferro (mg/L)	0,012	0,011	0,006	0,027	0,001	0,011	0,025	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	3,9	4,65	-	-
Magnésio (mg/L)	521,2	482,5	517,5	473,2	441,8	491,8	452,0	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	-	70,4	65,2	59,1	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	0,012	-	0,025	0,03	-	0,019	-
Nitrito (mg/L N)	0,187	0,025	0,213	0,026	0,040	0,065	0,009	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	53,57	52,34	61,60	60,49	64,80	64,27	60,67	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	440,0	320,0	348,0	360,0	320,0	340,0	114,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	23,63	3,83	24,72	7,23	16,91	4,45	0,79	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	6,25	9,70	9,12	14,35	12,77	13,41	13,35	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	40	50	1	3	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	55	20	132	465	228	$1,7 \times 10^2$	20	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Cont. Tabela 8.3 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

PARÂMETROS	Colégio Olimpia Teixeira	Sítio Boa Vista	Escritório Caern	Galos	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS					
pH	4,7	8,5	7,9	8,2	-
Bicarbonato (mg/L)	2,41	492,78	428,77	232,53	-
Cálcio (mg/L)	27,03	47,48	124,03	64,45	-
Carbonato (mg/L)	0,0	17,82	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	120,94	43,07	165,67	389,33	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	779,86	1085,89	1168,0	1615,0	-
Cor (uH)	0,0	2,5	2,5	0,0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	116,16	242,0	605,0	438,97	-
Ferro (mg/L)	0,13	0,08	0,12	0,05	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	40,0	3,43	7,42	24,80	-
Magnésio (mg/L)	13,05	29,98	71,71	67,53	-
Sódio (mg/L)	77,24	139,28	78,40	224,24	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,94	0,10	0,0	0,41	-
Nitrito (mg/L N)	0,0	0,02	0,0	0,0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	27,03	0,32	4,93	3,59	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	511,6	671,20	926,40	1128,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	42,55	19,21	144,83	155,51	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,0	0,20	0,0	0,0	-
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	-	$6,8 \times 10^2$		Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	79	-	$1,5 \times 10^3$		Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.4 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso (exceto os poços do município de Natal)

PARÂMETROS	Lagoa do Bonfim-P7	Nascente	CAERN PP2B	Granja Nilson Segundo	Praia Sagi	Poço 06 Caern	SAAE	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	5,3	5,8	6,2	5,4	6,3	5,9	6,2	-
Bicarbonato (mg/L)	7,43	10,05	25,36	0,39	38,65	6,70	3,62	-
Cálcio (mg/L)	0,97	1,16	7,56	0,0	8,33	1,16	0,78	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	0,0	13,25	0,0	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	33,13	29,27	49,7	13,25	24,85	61,80	19,88	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	185,75	131	425,38	43,20	119,10	191,0	53,60	-
Cor (uH)	0	12,5	0	2,50	0,0	0,0	0,0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	27,1	14,52	66,79	2,90	40,65	19,36	5,81	-
Ferro (mg/L)	0,05	0,18	0,02	0,18	0,01	0,17	0,17	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	4,57	4,07	7,69	0,64	3,85	7,04	1,76	-
Magnésio (mg/L)	6	2,82	11,64	0,47	4,82	4,00	0,94	-
Sódio (mg/L)	24,35	22,66	44,14	8,33	12,22	30,66	10,00	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,14	0,13	0,11	0,05	0,12	0,18	0,06	-
Nitrito (mg/L N)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	8,4	3,89	15,94	0,4	0,0	0,21	0,0	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	78,8	112	248,4	40,0	63,20	135,20	40,00	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,87	0,85	20,71	0,0	4,26	0,0	1,15	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,05	2,5	0	0,40	0,0	0,0	0,02	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	$8,0x10^2$	0	8×10^2	5	2	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	80	$2,3x10^3$	8	$2,4 \times 10^3$	10	127	0	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.5 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Trairí

PARÂMETROS	Baixa do Dutra I	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,8	-
Bicarbonato (mg/L)	13,28	-
Cálcio (mg/L)	3,68	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	44,73	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	174,64	-
Cor (uH)	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	28,07	-
Ferro (mg/L)	0,04	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	7,31	-
Magnésio (mg/L)	4,58	-
Sódio (mg/L)	20	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,16	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,02	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	112	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	1,99	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,1	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	6	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	78	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.6 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Jacu

PARÂMETROS	Escritório CAERN	VLP*

FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,4	-
Bicarbonato (mg/L)	8,45	-
Cálcio (mg/L)	5,62	-
Carbonato (mg/L)	0	-
Cloreto (mg/L)	39,76	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	354,48	-
Cor (uH)	0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	46,37	-
Ferro (mg/L)	0,03	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	26,67	-
Magnésio (mg/L)	8,58	-
Sódio (mg/L)	27,83	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,19	-
Nitrito (mg/L N)	0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	13,75	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	211,6	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	20,14	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	1	Ausentes em 100 mL

* VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.7 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	Chafariz I	São Jose	Cacimbão-aluvião	Olho D água	Nascente do Rio Potengi	Florânia - Sitio Condado	Escritório CAERN	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,5	-	7	6,9	3,4	7,9	7,2	-
Bicarbonato (mg/L)	60,39	-	1.419,17	87,09	0	429,98	111,17	-
Cálcio (mg/L)	6,59	-	418,61	19,53	89,15	73,64	8,01	-
Carbonato (mg/L)	0	-	0	0	0	0	0	-
Cloreto (mg/L)	112,66	-	1.259,11	48,79	2.766,72	238,57	43,07	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	587,25	-	4.572	320	6.746,00	1.236,00	268	-
Cor (uH)	0	-	5	2,5	7,5	7,5	20	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	50,33	-	1.674,64	78,66	1.239,04	372,68	44,87	-
Ferro (mg/L)	0,06	-	0,34	0,08	10,07	0,05	0,96	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	24,14	-	35,18	2,22	21,67	4,67	5,16	-
Magnésio (mg/L)	8,23	-	152,83	7,11	246,87	45,85	6,04	-
Sódio (mg/L)	67,14	-	750,00	34,66	1.428,57	175	50	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,02	-	0,04	0,14	0,49	0,03	0,03	-
Nitrito (mg/L N)	0	-	0	0	0	0	0,12	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,7	-	0,18	0,77	0	0	0,14	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	350,8	-	3.907,60	196	5.213,20	859,2	186,4	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	13,14	-	279,72	8	53,85	48,39	7,43	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0	-	5,5	3	0,6	0,75	2,16	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	2	140	$1,5x10^3$	$6,8x10^2$	0	$1,8x10^3$	23	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	7	$1,3x10^3$	$3,5x10^3$	$2,9x10^3$	19	$4,4x10^3$	$1,7x10^3$	Ausentes em 100 mL

VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Cont. Tabela 8.7 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	Ind. Sementes Santana	Balneário Aquavale	Sede Caern Ipanguassu	Adelson Soares	Restaurante Barandão	Comunidade Canafístula	Comunidade Umbuzeiro	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	7,8	4,3	7,2	3,6	6,3	3,7	3,8	-
Bicarbonato (mg/L)	280,25	0,0	111,7	0,0	64,01	0,0	0,0	-
Cálcio (mg/L)	170,54	60,08	8,01	42,64	13,37	42,64	21,32	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	435,83	854,87	43,07	1113,31	82,84	1557,87	583,16	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	1704,00	2907,92	268,0	2936,00	613,25	3948,00	1686,00	-
Cor (uH)	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	5,00	0,0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	716,32	329,12	44,87	363,00	78,40	474,32	232,32	-
Ferro (mg/L)	0,11	0,29	0,96	2,09	0,06	0,10	0,04	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	19,56	75,0	5,16	36,67	28,96	54,81	23,33	-
Magnésio (mg/L)	70,54	43,50	6,04	62,31	10,93	89,34	43,50	-
Sódio (mg/L)	180,00	402,17	50,0	580,95	62,85	807,69	284,62	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,15	0,20	0,03	0,21	0,04	3,76	0,01	-
Nitrito (mg/L N)	0,0	0,0	0,12	0,07	0,0	0,0	0,0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,03	17,70	0,14	0,87	17,30	10,94	5,00	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	1498,4	1875,20	186,0	2284,80	429,20	3054,00	1240,8	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	241,42	2,82	7,43	60,70	20,34	54,83	26,43	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	1,42	0,35	2,16	0,0	0,0	0,65	0,85	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	$1,4 \times 10^3$	23	3	$5,7 \times 10^2$	$1,8 \times 10^3$	0,0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	-	$3,0 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	9	$1,7 \times 10^3$	$4,4 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	Ausentes em 100 mL

*VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Cont. Tabela 8.7 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

PARÂMETROS	Sítio Mulungu	Assentamento Santana	VLP*
		FÍSICO-QUÍMICOS	
pH	8,2	3,9	-
Bicarbonato (mg/L)	384,08	0,0	-
Cálcio (mg/L)	89,15	60,54	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	106,03	924,45	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	932,0	2488,0	-
Cor (uH)	7,50	30,0	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	416,24	438,97	-
Ferro (mg/L)	0,08	1,96	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	14,23	29,0	-
Magnésio (mg/L)	47,02	69,90	-
Sódio (mg/L)	84,0	443,18	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0	0,11	-
Nitrito (mg/L N)	0,0	0,02	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	3,15	20,18	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	688,0	1922,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	90,23	4,18	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,85	1,28	-
		MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	28	0	Ausentes em 100 mL

* VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.8 – Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e orgânicas das amostras de água subterrânea no Município de Natal

PARÂMETROS	ALE 0758[1]	CAN 0447[1]	CAN 1312[1]	CAN 1253[1]	CPM 0668[4]	FCA 0060[4]	GUA 0768[4]	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	4,92	5,12	5,06	4,88	4,76	5,15	4,34	-
Bicarbonato (mg/L)	9,76	12,20	9,76	4,88	12,20	12,20	9,76	-
Cálcio (mg/L)	1,50	4,27	3,61	2,58	4,99	4,15	1,36	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	12,12	14,83	16,34	17,21	19,96	38,57	13,12	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	98,00	159,00	170,00	154,00	210,00	360,00	100,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	11,07	31,66	25,98	25,46	33,99	57,51	12,99	-
Ferro (µg/L)	< LD	2,88	< LD	< LD	8,44	11,53	4,39	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	7,48	2,99	3,76	4,11	2,46	5,82	2,16	-
Magnésio (mg/L)	1,78	5,10	4,12	4,62	5,23	11,45	2,33	-
Sódio (mg/L)	8,85	15,60	18,91	20,84	25,08	42,10	11,00	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	4,07	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,009	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,05	7,86	9,69	10,21	14,66	17,66	1,97	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	114,97	113,93	121,53	293,24	151,95	247,96	141,60	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	5,81	4,43	0,47	0,52	0,40	13,69	4,65	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,165	0,175	0,16	0,192	0,176	0,215	0,252	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Ausente	Presente	Presente	Presente	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	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

[*] VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008. ALE0758 – Colégio Nossa Senhor a das Neves, CAN0447 – Mármore LTDA, CAN1312 – CARREFOUR, CAN1253 – Condomínio Green Woods, CPM0668 – Condomínio Itatiaia, FCA0060 – CAERN (P-01 Felipe Camarão), GUA0768 – Prefeitura de Natal. . (1) Poços que pertencem a faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso. (4) Poços que pertencem a Bacia Hidrográfica Potengi.

Cont. Tabela 8.8 – Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e orgânicas das amostras de água subterrânea no Município de Natal

PARÂMETROS	LAZ 0620[2]	LGN 0453[1]	NDE 0087[1]	NSA 0269[2]	PAJ 0180[2]	PAJ 0629[2]	PAR 0118[3]	VLP[*]
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	4,86	4,66	4,78	4,25	5,91	5,05	4,85	-
Bicarbonato (mg/L)	12,20	4,88	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	-
Cálcio (mg/L)	3,37	,94	4,98	0,64	7,26	3,95	0,85	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	42,16	23,00	20,19	30,90	40,00	44,76	11,16	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	290,00	222,00	180,00	200,00	310,00	340,00	60,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	45,84	35,90	35,33	5,42	50,45	59,11	5,74	-
Ferro (µg/L)	< LD	8,91	29,55	33,33	2,23	< LD	14,16	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	2,68	5,29	2,37	0,62	3,05	4,55	1,74	-
Magnésio (mg/L)	9,09	6,33	5,56	0,93	7,85	11,96	0,88	-
Sódio (mg/L)	38,10	27,02	26,29	33,21	33,88	41,08	7,39	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	15,84	14,71	12,74	3,93	15,93	20,24	0,14	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	202,17	358,34	150,45	265,94	307,84	257,61	61,99	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,91	0,36	0,71	11,03	0,87	1,04	1,01	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,153	0,287	0,348	0,173	0,163	0,200	0,210	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	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	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	2,40	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,30	0,170 (mg/L)

[*] VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 . LAZ0620 – CAERN (P-08 Lagoa Azul), LGN0453 – Estádio Machadão, NDE0087 – CAERN (P-03 Nova Descoberta), NSA0269 – Guararapes, PAJ0180 – Posto Nossa Senhora Santana, PAJ0629 – CAERN (P-Pajuçara), PAR0118 – CAERN (ETA Jiqui). (2) Poços que pertencem a Bacia Hidrográfica Doce. (3) Poços que pertencem a Bacia Hidrográfica Pirangi.

Cont. Tabela 8.8 – Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e orgânicas das amostras de água subterrânea no Município de Natal

PARÂMETROS	PAR 0139[3]	PET 0377[1]	PIT 1318[4]	PLA 0065[4]	PNE 0787[1]	POT 0003[4]	POT 0586[4]	VLP[*]
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	4,84	4,69	4,34	4,62	4,54	6,65	4,74	-
Bicarbonato (mg/L)	12,20	4,88	12,20	12,20	6,10	164,40	12,20	-
Cálcio (mg/L)	3,62	1,83	0,95	1,94	1,19	22,34	3,16	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	20,26	41,63	8,70	20,01	12,58	15,41	60,17	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	170,00	180,00	80,00	130,00	70,00	280,00	430,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	31,93	19,27	10,48	14,89	8,40	111,95	81,14	-
Ferro (µg/L)	< LD	< LD	18,69	12,43	7,77	< LD	11,37	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	3,16	2,56	1,58	2,33	1,68	7,91	5,40	-
Magnésio (mg/L)	5,56	3,57	1,97	2,44	1,32	13,64	17,79	-
Sódio (mg/L)	24,27	28,24	11,32	21,01	8,45	12,08	51,17	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	14,20	20,64	4,78	7,12	0,22	0,07	24,78	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	526,76	130,52	101,06	92,76	841,19	404,02	311,11	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,57	3,37	1,56	1,20	3,66	6,53	6,45	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,236	0,193	0,305	0,193	0,240	0,185	0,371	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Presente	Presente	Presente	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	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

[*] VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008. PAR0139 – CAERN (P-10 Parnamirim), PET0377 – Ed. Ewerton Cortez, PIT1318 – CAERN (P-09 Pitimbu), PLA0065 – CAERN (P-01 Planalto), PNE0787 – ABC, POT0003 – Hospital Santa Catarina, POT0586 – CAERN (P-34 Potengi). (1) Poços que pertencem a Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso. (3) Poços que pertencem a Bacia Hidrográfica Pirangi. (4) Poços que pertencem a Bacia Hidrográfica Potengi.

Cont. Tabela 8.8 – Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e orgânicas das amostras de água subterrânea no Município de Natal

PARÂMETROS	POT 0605[4]	PQD 0690[4]	QUI 0918[4]	STR 1176[4]	SVA 0002[1]	TIR 0355[1]	TIR 1173[1]	VLP[*]
FÍSICO-QUÍMICOS								
pH	4,34	4,09	4,78	6,58	5,03	4,31	3,86	-
Bicarbonato (mg/L)	12,20	12,20	7,32	334,28	12,20	4,88	6,10	-
Cálcio (mg/L)	3,24	1,44	6,27	77,94	1,25	6,73	1,20	-
Carbonato (mg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Cloreto (mg/L)	62,64	20,09	32,57	40,27	10,84	24,72	17,34	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	370,00	130,00	280,00	700,00	90,00	270,00	160,00	-
Cor (uH)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	65,33	14,22	50,20	282,37	11,02	74,00	21,77	-
Ferro (µg/L)	13,52	< LD	4,95	6,27	< LD	< LD	5,90	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	5,34	1,60	9,13	6,74	2,15	6,72	2,99	-
Magnésio (mg/L)	13,90	2,58	8,39	21,31	1,92	13,89	4,56	-
Sódio (mg/L)	44,57	14,22	28,22	35,53	13,26	33,06	24,42	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< LD	< LD	< LD	3,05	< LD	< LD	< LD	-
Nitrito (mg/L N)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	17,95	2,32	14,23	0,008	4,56	8,65	12,19	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	258,21	129,42	292,61	487,96	68,64	383,93	146,02	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,47	8,01	13,20	49,55	1,72	0,95	0,48	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,268	0,147	0,452	17,15	0,188	0,325	0,225	-
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Presente	Ausente	Presente	Presente	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	< LD	< LD	0,300 (mg/L)
Tolueno (µg/L)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,170 (mg/L)

[*] VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008. POT0605 – CAERN (P-44 Potengi), PQD0690 – Centro de Convenções, QUI0918 – Posto Ipiranga, STR1176 – Iate Clube de Natal, SVA0002 – CAERN (P-06 San Vale), TIR0355 – Condomínio Ariane, TIR1173 – CEFET. (1) Poços que pertencem a Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso. (4) Poços que pertencem a Bacia Hidrográfica Potengi.

Tabela 8.9 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	Sítio Juazeiro	P35	Sítio Ponta	P18	P30	P63	P47	VLP[*]
				FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	6,70	7,11	6,35	7,71	7,9	7,9	7,68	-
Bicarbonato (mg/L)	7,0	7,0	27,0	28	5,0	5,0	34,0	-
Cálcio (mg/L)	4,9	6,0	5,0	140,0	60,0	70,0	19,3	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	124,8	234,79	124,8	428,65	399,55	412,45	202,8	250 (mg/L)
Condutividade (mS/cm)	0,12	4,22	0,13	0,32	0,29	0,30	0,20	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	80,0	70,0	130,0	540,0	370,0	430,0	480,0	-
Ferro (mg/L)	0,005	0,025	0,0018	0,0526	0,0520	0,0714	0,0065	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	5,65	4,6	12,1	-	-	-	4,6	-
Magnésio (mg/L)	75,1	64,0	135,0	400	310,0	360,0	461,7	-
Sódio (mg/L)	23,9	20,4	20,4	-	-	-	64,30	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,043	0,036	0,033	-	-	-	0,01	-
Nitrito (mg/L N)	0,005	0,007	0,007	0,145	0,002	0,005	0,003	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	2,9	8,26	14,78	6,78	14,76	6,78	62,8	10 (mg/L)
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	165,0	65,0	166,0	330,0	280,0	489,0	520,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,89	11,28	2,20	0,98	5,67	1,54	1,19	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	7,9	9,0	3,48	36,9	18,51	138,86	12,98	-
				MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	210	>1000	0	-	128	-	378	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	>1000	>1000	172	-	980	-	330	Ausentes em 100 mL

*VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Cont. Tabela 8.9 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	Fonte Martins	PB298	Fonte Porto Alegre	P34	PB237	Assentamento Lagoa Vermelha	Encanto	VLP*
				FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	7,28	7,61	7,23	7,85	7,71	5,57	7,58	-
Bicarbonato (mg/L)	15,0	33,0	1,0	9,0	23,0	7,0	15,0	-
Cálcio (mg/L)	6,5	22,5	2,7	7,5	38,2	1,5	7,5	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	183,3	144,3	319,81	471,28	124,3	300,3	475,82	250 (mg/L)
Condutividade (mS/cm)	0,18	0,16	0,27	0,31	0,14	0,26	0,32	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	120,0	480,0	60,0	150,0	520,0	60,0	150,0	-
Ferro (mg/L)	0,033	0,001	0,001	0,015	0,001	0,005	0,060	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	-	-	-	-	-	20,8	-	-
Magnésio (mg/L)	113,5	310,0	57,3	142,5	481,2	58,2	145,0	-
Sódio (mg/L)	51,9	-	-	-	-	64,3	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,044	-	0,043	0,047	-	0,047	-	-
Nitrito (mg/L N)	0,008	-	0,092	0,008	0,019	0,003	0,020	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	5,61	0,09	54,58	25,31	0,01	13,6	5,59	10 (mg/L)
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	160,0	24,50	320,0	120,0	54,11	164,0	421,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	2,59	13,38	13,38	3,52	38,8	11,71	11,09	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	8,60	8,91	14,35	9,23	6,91	14,14	39,15	-
				MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	102	720	02	0	0	06	33	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,3 \times 10^3$	$1,2 \times 10^2$	56	314	25	52	471	Ausentes em 100 mL

*VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Cont. Tabela 8.9 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	Sítio Cajazeiras	P31	PB33	P64	P19	P20	P67	VLP*
				FÍSICO-QUÍMICOS				
pH	7,76	6,04	6,3	6,92	8,29	7,93	8,49	-
Bicarbonato (mg/L)	16,0	12,0	8,0	9,0	12,0	10,0	15,0	-
Cálcio (mg/L)	19,3	8,0	10,0	38,0	12,0	11,0	13,0	-
Carbonato (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cloreto (mg/L)	348,5	69,32	96,86	69,2	1754,0	1696,0	710,0	250 (mg/L)
Condutividade (mS/cm)	0,32	0,29	0,34	3,15	0,63	1,14	0,81	-
Cor (uH)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	51,0	97,0	89,0	788,0	96,0	122,0	130,0	-
Ferro (mg/L)	0,022	-	-	-	-	0,047	0,032	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	2,35	-	2,00	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/L)	490,7	473,2	79,0	750,0	84,0	111,0	117,0	-
Sódio (mg/L)	-	-	-	65,2	-	-	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,056	0,025	0,056	0,002	0,010	0,031	0,036	-
Nitrito (mg/L N)	0,179	0,026	0,001	0,050	0,017	0,002	0,011	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	54,68	60,49	12,16	39,71	0,94	0,198	0,227	10 (mg/L)
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	234,0	209,0	237,0	39,71	176,0	295,0	221,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	4,54	22,03	24,71	271,0	8,54	34,07	8,98	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	22,11	5,27	12,85	39,71	0,37	1,0	1,5	-
				MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	<2	<2	<2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	31	800	160	900	160	2	Ausentes em 100 mL

*VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Cont. Tabela 8.9 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

PARÂMETROS	P71	VLP*
	FÍSICO-QUÍMICOS	
Ph	7,74	-
Bicarbonato (mg/L)	10,0	-
Cálcio (mg/L)	29,0	-
Carbonato (mg/L)	0,0	-
Cloreto (mg/L)	4970	250 (mg/L)
Condutividade (mS/cm)	3,13	-
Cor (uH)	-	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	469,0	-
Ferro (mg/L)	0,015	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	-	-
Magnésio (mg/L)	440,0	-
Sódio (mg/L)	-	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,035	-
Nitrito (mg/L N)	0,185	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	16,17	10 (mg/L)
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	1157,0	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	492,0	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	26,61	-
	MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	10	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (NMP/100mL)	>1600	Ausentes em 100 mL

*VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

Tabela 8.10 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Pirangi (exceto os poços do município de Natal)

PARÂMETROS	P05 - CAERN	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,3	-
Bicarbonato (mg/L)	2,23	-
Cálcio (mg/L)	3,49	-
Carbonato (mg/L)	0,0	-
Cloreto (mg/L)	26,02	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	195,00	-
Cor (uH)	2,5	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	32,91	-
Ferro (mg/L)	0,11	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	4,81	-
Magnésio (mg/L)	26,66	-
Sódio (mg/L)	5,88	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,12	-
Nitrito (mg/L N)	0,0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	14,62	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	141,20	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,0	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	5,3	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	0	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	7	Ausentes em 100 mL

* VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008 .

Tabela 8.11 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água subterrânea na Bacia Hidrográfica Doce (exceto os poços do município de Natal)

PARÂMETROS	Loteamento Chácara Extremoz	VLP*
FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	5,1	-
Bicarbonato (mg/L)	2,21	-
Cálcio (mg/L)	0,39	-
Carbonato (mg/L)	0,0	-
Cloreto (mg/L)	9,94	250 (mg/L)
Condutividade (µS/cm)	36,30	-
Cor (uH)	2,50	-
Dureza ($CaCO_3$/L)	2,90	-
Ferro (mg/L)	0,08	300 (µg/L)
Potássio (mg/L)	0,32	-
Magnésio (mg/L)	0,47	-
Sódio (mg/L)	6,67	200 (mg/L)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,05	-
Nitrito (mg/L N)	0,0	1 (mg/L)
Nitrato(mg/L N)	0,60	10 (mg/L)
Sólidos Totais (mg/L)	32,80	1.000 (mg/L)
SO_4 (mg/L)	0,0	250 (mg/L)
Turbidez (NTU)	0,0	-
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	6	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais (UFC/100mL)	$1,6 \times 10^3$	Ausentes em 100 mL

* VLP–Valores Limites Permitidos em mg/L para águas subterrâneas para consumo humano, segundo Resolução CONAMA N° 396/2008.

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

O nitrato é o composto nitrogenado em que o nitrogênio aparece em sua forma mais oxidada na água e está associado à metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) e ao câncer gástrico. O VMP de nitrato é 10 mgN-NO_3^-/L (10 mg/L como N) para o consumo humano, de acordo com a Resolução CONAMA 396/08 e com a Portaria MS 518/2004. O nitrato origina-se de contribuições difusas, com destaque para atividades agrícolas e ausência de esgotamento sanitário.

As figuras 8.1 a 8.4 apresentam as concentrações de nitrato dos poços reunidos por bacia hidrográfica, e na figura 8.5 são indicadas as concentrações de nitrato nos poços situados em natal. Para as bacias onde apenas um poço foi monitorado e os poços das bacias hidrográficas Doce e Pirangi que não estão localizados em Natal, os dados estão reunidos na tabela 8.12.

Dentre os poços monitorados, foram identificadas concentrações de nitrato acima do VMP em poços das bacias hidrográficas Piranhas-Açu, Apodi-Mossoró, Pirangi, Potengi, Doce, Ceará-mirim, Jacu, Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso e Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso. Os poços que apresentaram concentração do nitrato acima do limite aceitável são utilizados para fins diversos, incluindo o consumo humano.

A bacia hidrográfica Piranhas-Açu apresentou 25% dos poços com nitrato acima do VMP. Nas demais bacias hidrográficas, o percentual de poços acima do VMP variou entre 45,5 a 100%. Nos poços analisados no município de Natal, que pertencem às bacias hidrográficas Potengi, Pirangi, Doce e a Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso, 50% apresentaram nitrato acima do valor máximo permitido pela legislação, com concentrações de até cerca de 25 mg/L. No poço da bacia hidrográfica Pirangi localizado no município de Parnamirim e em um dos sete poços da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difusoa concentração de nitrato apresentou-se acima do VMP.

Deve ser ressaltado que parte dos poços analisados não possui registro de dados construtivos, o que dificulta uma avaliação sobre a vulnerabilidade dos mesmos à contaminação. Apesar dessa dificuldade, verifica-se que cerca de metade dos poços situados no aquífero Barreiras apresentaram concentrações de nitrato maiores que 10 mgN-NO_3^-/L.

Os poços localizados no município de Baraúna, inseridos na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró e na Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso, por sua vez, onde há significativa atividade agrícola e o uso intensivo de fertilizantes, apresentaram concentrações de nitrato bastante elevadas, chegando a superar 60 mgN-NO_3^-/L.

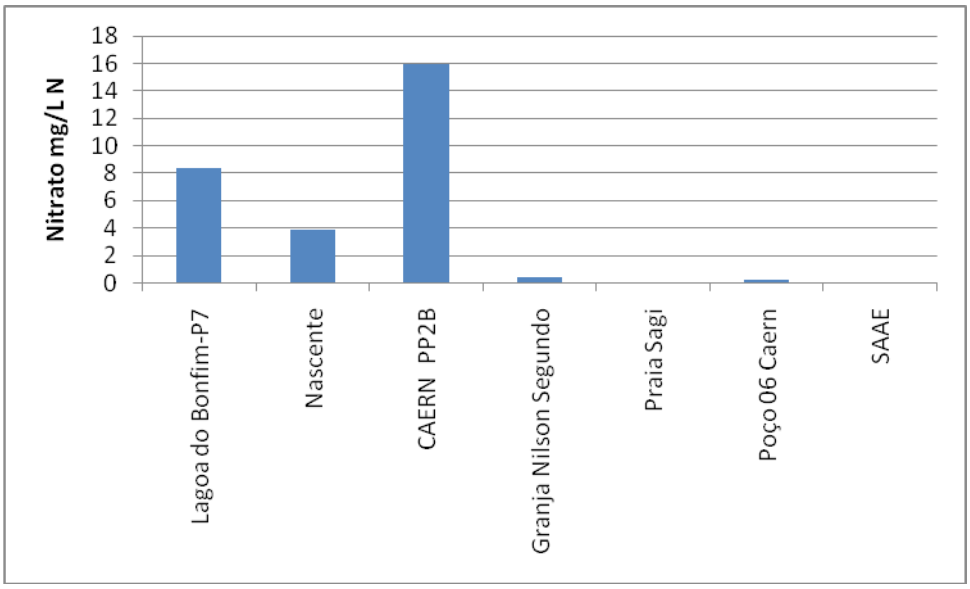


Figura 8.1 – Concentração de nitrato nos poços da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso (exceto os poços localizados em Natal)

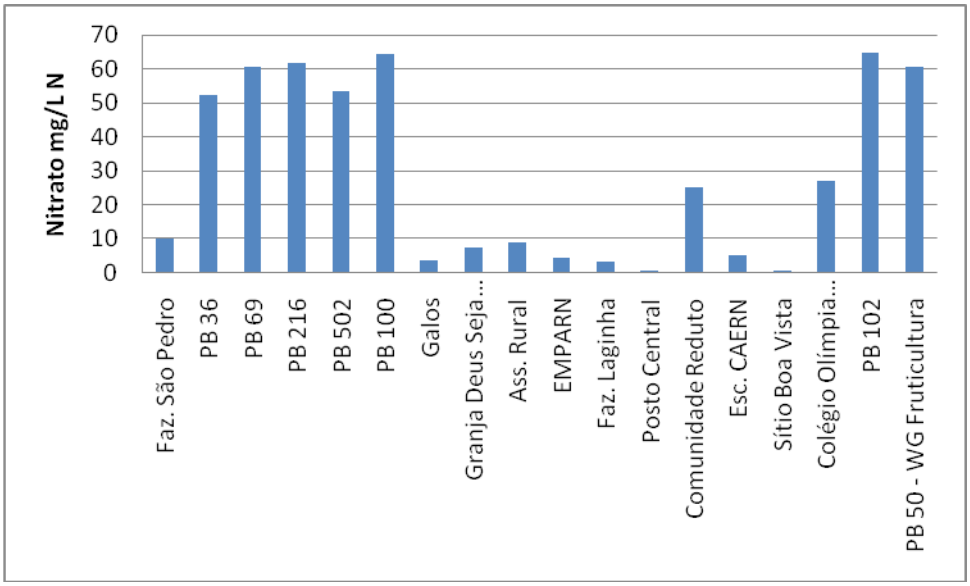


Figura 8.2 – Concentração de nitrato nos poços da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso

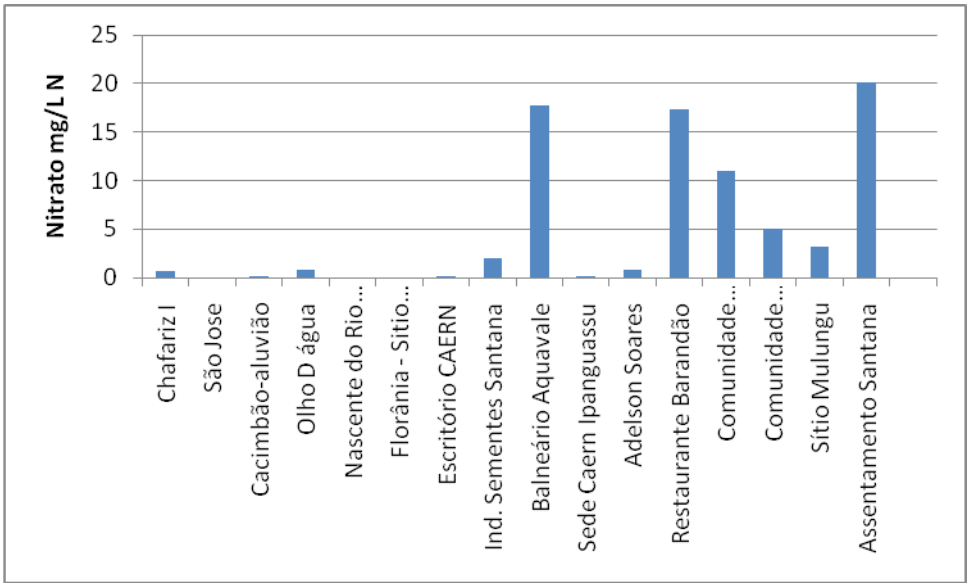


Figura 8.3 – Concentração de nitrato nos poços da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu

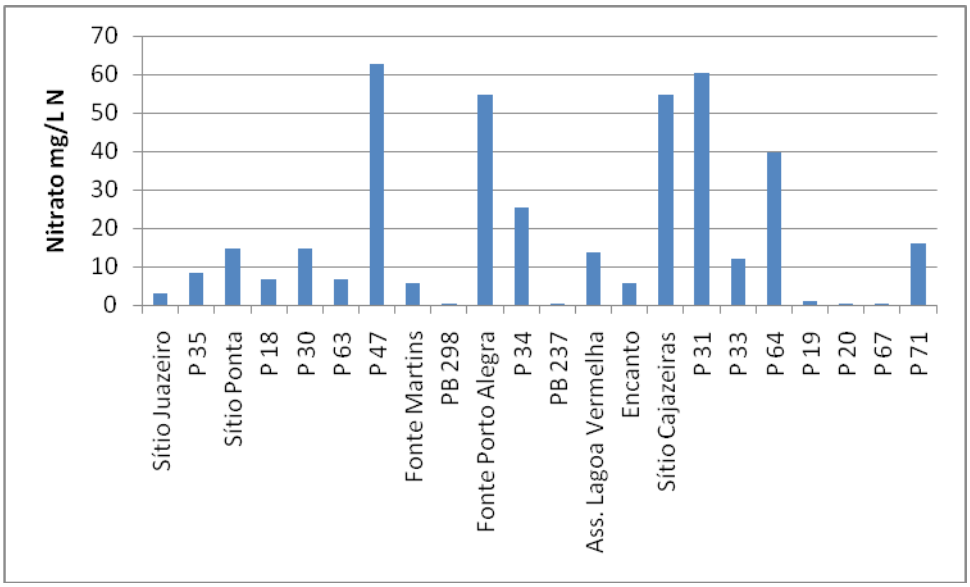


Figura 8.4 – Concentração de nitrato nos poços da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró

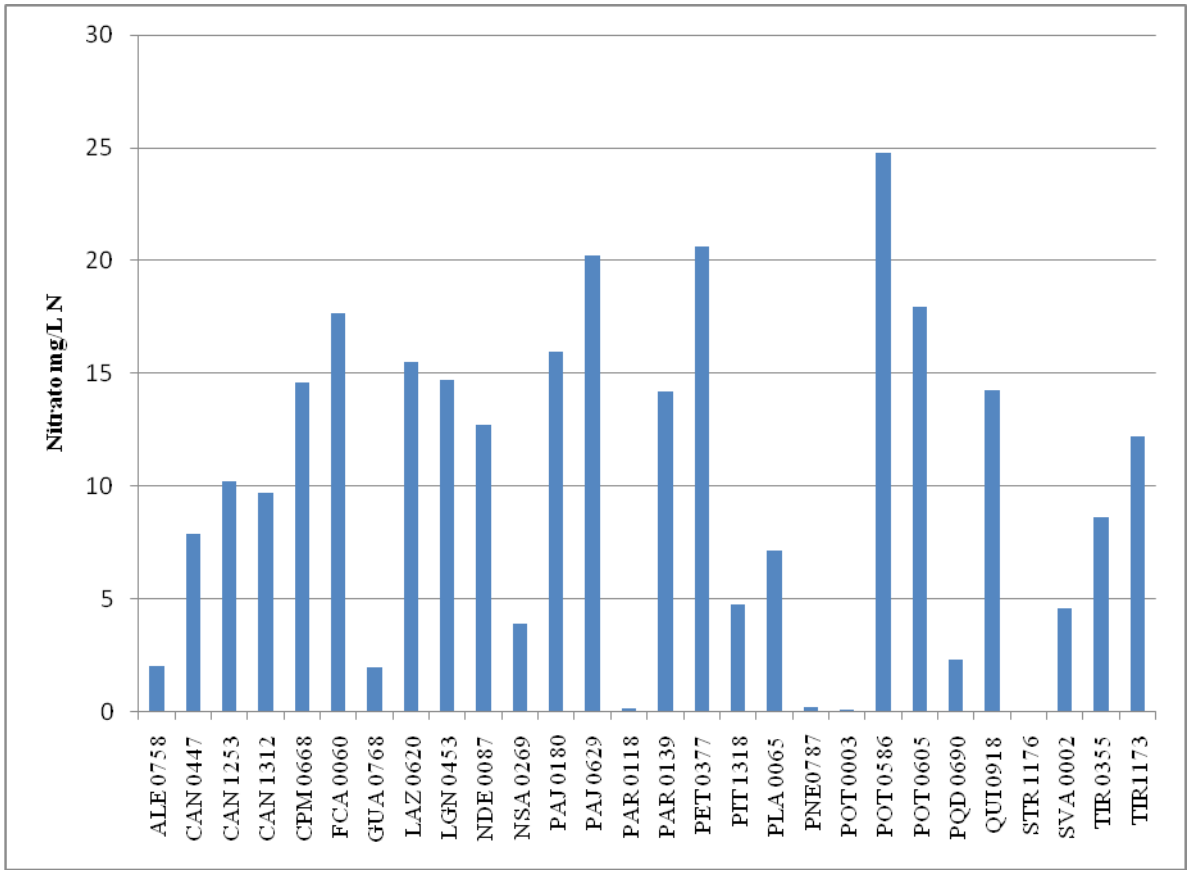


Figura 8.5 – Concentração do nitrato nos poços localizados no município de Natal

Tabela 8.12 – Concentração do nitrato nas bacias hidrográficas Boqueirão, Jacu, Trairi, Pirangi (exceto os poços do município de Natal) e Ceará-mirim

Bacia Hidrográfica	Concentração do nitrato (mg/L N)
Jacu	13,70
Boqueirão	0,0
Trairi	2,0
Ceará-mirim	15,56
Pirangi	14,62
Doce	10,00

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

Os poços monitorados durante a campanha do ano de 2009 apresentam elevado número de não conformidades quanto aos indicadores biológicos – coliformes totais e coliformes termotolerantes. A porcentagem de violação dos padrões de potabilidade para os parâmetros biológicos foi de 77%.

A presença de bactérias do grupo dos coliformes nas águas da maioria dos poços monitorados evidencia que os mesmos não estão devidamente protegidos. Durantes as coletas das amostras foram observados diversos problemas, incluindo falhas construtivas, falta de laje de proteção e tubo de boca, inadequação ou falha no sistema de bombeamento etc.

Vale ressaltar, contudo, que o fato de haver grande quantidade de poços contaminados por microorganismos bacterianos não permite afirmar que os aquíferos estejam contaminados (senão no entorno do poço), uma vez que deve ocorrer a remoção significativa dessas bactérias nas camadas de solo, impedindo que as mesmas atinjam regiões mais do aquífero distantes dos poços.

Vale ainda destacar que a Portaria MS Nº 518/04 determina que toda água distribuída à população seja submetida ao processo de desinfecção, o que permite que a maior parte das águas em que houve presença de coliformes ainda possa ser usada para consumo humano. Contudo, há que se considerar que na grande maioria dos sistemas alternativos de abastecimento não se utiliza qualquer desinfetante.

8.3 POÇOS EM QUE OUTROS PARÂMETROS ULTRAPASSARAM O VMP

Nos poços monitorados na bacia hidrográfica Piranhas-Açu os resultados obtidos ficaram acima dos VMP estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2006 para os parâmetros: cloreto, em 50 % dos poços monitorados; e ferro e sódio, em 37,5% dos poços. Dentre os poços com concentração do ferro acima de 0,3 mg/L, destacamos que os dois poços utilizados para consumo humano pertencem a CAERN e possuem estação de tratamento da água com processo para remoção do ferro. Os sólidos totais dissolvidos ocorreram em concentrações acima de 1.000 mg/L em 50% dos poços analisados na bacia hidrográfica Piranhas-Açu, localizados na região do cristalino. Para o parâmetro dureza, 3 poços (18%) apresentaram valores superiores a 500 mg/L $CaCO_3$, sendo dois deles situados na área do cristalino. Esses dados indicam a ocorrência de salinidade relativamente alta em vários poços dessa bacia, especialmente aqueles situados no aquífero cristalino.

Na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso não foram observados valores acima do limite da Resolução nº396/08 do CONAMA para os parâmetros avaliados neste item 8.3,

A Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso apresentou não conformidades para os seguintes parâmetros: cloreto (50% dos poços), ferro (5%), sódio (11%), dureza (11%) e sólidos totais dissolvidos (30%). Considerando-se que em 22% dos poços analisados não foram obtidos – em função de problemas laboratoriais – os resultados para o íon sódio, o percentual referente a esse parâmetro corresponde apenas a uma parte dos poços onde a coleta da amostra de água foi realizada. A maior parte dos valores não conformes com a Resolução CONAMA nº396/08 foi verificado na região do aquífero Jandaíra.

Os poços monitorados nas bacias hidrográficas Doce e Pirangi (excetuando os poços localizados em Natal nessas duas bacias hidrográficas), Trairí, Jacu, Ceará-mirim e Boqueirão, não apresentaram valores acima do limite máximo para os parâmetros cloreto, ferro, sódio e sólidos totais e dureza para qualquer dos usos definidos pela resolução CONAMA 396/2008.

Na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró foi verificada concentração acima do valor máximo permitido para os sólidos totais dissolvidos e sulfato em 4,5% do poços analisados. Os cloretos ocorreram acima do VMP em 5,5% dos poços, segundo os critérios da Resolução CONAMA 396/08 para o consumo humano.

Os valores de turbidez, contemplado na Portaria 518/2004 com VMP de 5 NTU para águas em sistemas de abastecimento, ultrapassaram esse limite em 32% dos poços. Ainda que o Programa Água Azul não tenha como objetivo o monitoramento da água tratada, esse dado é preocupante porque vários desses mananciais são a única fonte de água disponível para comunidades rurais.

Outros parâmetros, que ultrapassaram os limites máximos legais, tem resultados compatíveis com as características da formação geológica do aquífero onde se encontra o poço cuja água foi analisada.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A qualidade da água dos poços selecionados para o Programa Água Azul difere em função principalmente do aquífero. Poços que captam água do aquífero Barreiras apresentaram, em geral, qualidade da água superior aos poços que captam dos aquíferos Açu, Jandaíra e Cristalino. Essa avaliação vale para todos os parâmetros analisados com exceção do nitrato, cuja concentração foi elevado em um percentual significativo de poços de todos os aquíferos. Os limites dos parâmetros microbiológicos também foram violados em vários poços de todos os aquíferos. Contudo, os poços dos aquíferos Açu, Jandaíra e Cristalino (bacias do Piranhas-Açu,

Apodi-Mossoró e FLNED) encontravam-se mais poços contaminados e com concentrações médias mais elevadas de coliformes totais e termotolerantes.

Outro aspecto a destacar é a qualidade das águas dos poços de Natal, que, em geral, apresenta características físico-químicas e microbiológicas ainda adequadas para o abastecimento de doméstico, com exceção das concentrações de nitrato, que ficaram acima do VMP em 14 dos 28 monitorados. Apenas dois dos poços monitorados em Natal apresentaram concentração elevada de um subproduto do petróleo (tolueno > 1 µg/L, logo, acima do VMP de 0,17 µg/L). Em todos os demais poços as concentrações dos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) foram menores que os limites de detecção.

Observa-se, portanto, de acordo com os resultados obtidos nesta primeira campanha de monitoramento das águas subterrâneas, que há a necessidade de proteção das águas subterrâneas do Estado do RN. Dentre as ações mais evidentes para proteção dos aquíferos potiguares, especialmente os livres ou semi-confinados (Barreiras, afloramentos do Jandaíra, Açu e Cristalino) podem ser destacadas:

- instalação ou ampliação das redes de esgoto, principalmente nas áreas urbanas em que há a contaminação do aquífero por nitrato, em consequência da disposição do esgoto *in situ*, com destaque para Natal e Região Metropolitana;
- controle dos vazamentos de derivados de petróleo e outros produtos tóxicos no solo, especialmente em postos de combustível e indústrias, em todas as áreas de recarga dos aquíferos;
- definição criteriosa das áreas para destinação de resíduos sólidos, com vistas à proteção dos mananciais subterrâneos;
- controle sobre o uso de fertilizantes e agrotóxicos em áreas agrícolas, especialmente aquelas situadas sobre os aquíferos livres e os afloramentos dos aquíferos confinados, com destaque para a Região de Baraúnas e o Vale do Assu.

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.

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

Vasconcelos, M.B. "Hidrogeologia do Aquífero Açu na Borda Sul da Bacia Potiguar; Trecho Upanema - Afonso Bezerra". Dissertação (Mestrado). Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geociências – UFRN. 2006