REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
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
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte- UERN

PROGRAMA
ÁGUA AZUL

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

RELATÓRIO TÉCNICO
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

2014

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA
PROGRAMA ÁGUA AZUL

COORDENAÇÃO GERAL

MANOEL LUCAS FILHO - UFRN

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

SÉRGIO LUIZ MACÊDO- IDEMA

Engº Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Núcleo de Monitoramento Ambiental – NMA/IDEMA

SELMA MARIA DA SILVA- IGARN

Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO/IGARN

EQUIPE TÉCNICA – TOMO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN

AGNALDO SOUZA CRUZ

Bacharel em Redes de Computadores. Mestre e Doutorando em Engenharia de Elétrica.

DINARTE AEDA DA SILVA

Engº Civil. Mestre em Engenharia Civil. Professor da UFRN.

DANIEL CAMPOS MOREIRA

Graduado em Ciência e Tecnologia, Graduando em Engenharia Ambiental.

DJALMA RIBEIRO DA SILVA

Mestre e Doutor em Química. Professor da UFRN.

EMILY CINTIA TOSSI DE ARAÚJO COSTA

Licenciada, Bacharel, Mestre e Doutora em Química.

GUILHERME F. DE MEDEIROS

Mestre e Doutor em Biologia. Professor da UFRN.

GUSTAVO MAGNO LIMA AMBRÓSIO

Graduando em Ciência Biológicas.

HERBET TADEU DE ALMEIDA ANDRADE

Doutor em Ecologia. Professor da UFRN

IVANEIDE ALVES SOARES DA COSTA

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Professora da UFRN

JOSÉ FRANCINALDO DE OLIVEIRA

Bacharel, Mestre e Doutor em Química

JOSIELMA PRICILA PEDRO DE SOUZA

Graduando em Ciência Biológicas.

LUCYMARA DOMINGOS ALVES DA SILA

Bacharel em Ciência e Tecnologia. Graduanda em Engenharia Ambiental.

NATHÁLIA REGINA SOBRAL PAIVA

Graduando em Ciência Biológicas.

PRICILA CAVALCANTE DA SILVA GRILO

Graduando em Ecologia

RENNIO FELIX DE SENA

Mestre e Doutor em Engenharia Química. Professor do DEQ/CT/UFPB. Pesquisador da UFRN.

RINA LOURENA DA SILVA MEDEIROS

Bacharel, Mestre e Doutora em Química

SANDRO ARAÚJO DA SILVA

Técnico em Tecnologia Ambiental, Químico e Técnico do Laboratório de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN.

SHIRLEY FEITOSA MACHADO SENA

Bacharel em Química, Mestre e Doutoranda em Ciência e Engenharia do Petróleo.

TARCILA MARIA PINHEIRO FROTA

Mestre e Doutora em Engenharia de Petróleo

VERA LÚCIA LOPES DE CASTRO

Geóloga. Mestre e Doutora em Geociências. Professora da UFRN

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO G. DO NORTE (IGARN):

ALEXSANDRO TORRES

Técnico de Campo

ÁTILA ALEX DOS SANTOS GONÇALVES

Graduando de Engenharia Ambiental/ UFRN e Estagiário do IGARN

DEISEANE BEZERRA DA SILVA

Técnica em Controle Ambiental.

GLÁUCIA REGINA LUZ XAVIER DA COSTA

Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

KALLYNY PEREIRA DA COSTA

Mestre em Biologia. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

NAJÁ FIGUEIREDO

Laboratorista.

PAULO CESAR FILHO
Gestor Ambiental

REYNALDO MELO CAVALCANTE ROCHA

Técnico em Meio Ambiente

SELMA MARIA DA SILVA

Engenheira Química. Setor de Monitoramento da Qualidade da Água – CGO.

WÉDINA RODRIGUES DE LIMA

Graduada em Engenharia de Aquicultura

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. Professora do Departamento de Química da UERN.

LUIZ DI SOUZA

Eng. Químico, Mestre em Ciências, Doutor em Engenharia dos Materiais. Professor do Departamento de Química da UERN.

THIAGO MIELLE B. F. OLIVEIRA

Licenciado em Química, Especialista em Química e Biologia, Técnico de Laboratório de Química do Departamento de Química da UERN.

JANETE JANE FERNANDES ALVES

Bacharel em Química.

JEFFERSON BEZERRA DE MEDEIROS

Graduando em Licenciatura em Química

ANDERSON FELIPE FERNANDES SILVA

Graduando em Licenciatura em Química

MAYCON JANDERSON RODRIGUES DOS SANTOS

Graduando em Licenciatura em Química

JESYKA MACEDO GUEDES

Graduanda em Licenciatura em Química

GILBERTO GOMES FREIRE JÚNIOR

Graduando em Licenciatura em Química

FRANCISCO RUBENILTON FERNANDES

Graduando em Licenciatura em Química

MATEUS COSTA MEDEIROS

Graduando em Licenciatura em Química

MICHAEL DIEGO DE SOUSA

Graduando em Licenciatura em Química

ALEXANDRA BOAVENTURA DE OLIVEIRA

Graduanda em Licenciatura em Química

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

ALFRÊDO OSVALDO DANTAS DE AZEVEDO

Mestre em Engenharia Sanitária

INGRID ABASTOFLOR CARDOSO

Bióloga

MARIA DE FÁTIMA COSTA

Bacharel em Química

GLEY BENÉVOLO XAVIER

Bacharel em Química

MARIA DA CONCEIÇÃO GOMES BENTES

Bióloga

MARIA DO SOCORRO VALENTIM CÂMARA

Assistente de Pesquisa I

ÂNGELA CRISTINA MELO LIBERATO

Bióloga

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO 1

2.0 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL 3

2.1 Aspectos Demográficos 3

2.2 Uso e ocupação do solo 5

2.3 Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos 6

2.3.1 Aspectos Hidrológicos 6

2.3.2 Aspectos Hidrogeológicos 7

3.0 METODOLOGIA 9

4.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS 10

4.1 Apresentação e discussão dos resultados relacionados aos aspectos físico-químicos dos poços monitorados na cidade de Natal – Período Outubro a Dezembro/2014 10

4.1.1 – Comportamento do Nitrato (NO^-_3) com Base na Campanha de Outubro a Dezembro de 2014 10

4.1.2 Condutividade Elétrica e pH 19

4.1.3 Sólidos Totais Dissolvidos 20

4.1.4 Alcalinidade Total 21

4.1.5 – Cloreto 22

4.1.6 Cálcio 23

4.1.7 Magnésio (Mg) 23

4.1.8 Sódio 23

4.1.9 Potássio (K) 24

4.1.10 Ferro (Fe) 25

4.1.11 Sulfato (SO^-_4) 26

4.2 – Classificação das águas subterrâneas quanto aos Métodos de Piper e Shoeller-Berkaloff .. 26

4.3 Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Indicadores Biológicos dos Poços Monitorados na Cidade de Natal no Período Outubro a Dezembro/2014 32

4.4 - Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Compostos BETEX na Cidade de Natal no Período Outubro a Dezembro/2014 34

4.5 - Apresentação e Discussão dos Resultados, Relacionados aos Demais Municípios da Região Metropolitana de Natal - Campanha de Setembro/2014. 35

4.4.1 – Resultados das Concentrações de $N(NO^{-}_{3})$ (mg/L) nos poços monitorados na campanha de Setembro/2014**.** 37

4.5 – Discussão dos Resultados relacionados aos principais Cátions (Ca^{2+} Mg^{2+} K^{+} Na^{+}) e Aníons (Cl^{-} SO^{2-}_{4} $CaCO^{-}_{3}$), STD, Condutividade Elétrica e pH - Campanha de Setembro/2014..... 38

4.5.1 – Poços Localizados no Município de Ceará Mirim – Bacia Hidrográfica do rio Ceará Mirim- Aquíferos Barreiras ou Jandaíra 38

4.5.2 – Poço localizado no Município de Extremoz - Bacia Hidrográfica do Rio Doce e no Aquífero Barreiras 42

4.5.3 – Poço localizado no Município de Macaíba - Bacia Hidrográfica do Rio Potengi e no Aquífero Barreiras 43

4.5.4 – Poços localizados no Município de Nísia Floreta - Bacia Hidrográfica Leste de Escoamento Difuso - Aquífero Barreiras..... 44

4.5.5 – Poços localizados no Município de Parnamirim/RN- Bacia Hidrográfica do rio Pirangi- Aquífero Barreiras 45

4.5.6 – Poço localizado no Município de São José do Mipibu - Bacia Hidrográfica Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso - Aquífero Barreiras 47

4.6 - Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Indicadores Biológicos dos Poços Monitorados nos demais municípios da RMN em Setembro/2014 48

4.7 – Classificação das águas subterrâneas quanto aos Métodos de Piper e Shoeller-Berkaloff .. 49

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS 53

6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

T – temperatura

º C – graus Celsius

pH – potencial hidrogeniônico

CE – condutividade elétrica

$N0_3$ – nitrato

$N0_2$ – nitrito

NH_3 – nitrogênio amoniacal

SO_4 – sulfato

Na – sódio

Ca – cálcio

Cl – cloreto

K – potássio

Mg – magnésio

Fe – ferro

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

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

uH – unidade Hazen

uT – unidade de turbidez

µS/cm – microsiemens/cm

µg/L – microgramas/litro

$CaCO_3$ – carbonato de cálcio

mg/L – miligramas por litro

NMP – número mais provável

UFC – unidades formadoras de colônias

cm – centímetros

h – hora

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

SAAE – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Municípios que compõe a Região Metropolitana de Natal. Adaptado de MEDEIROS (2015). 4

Figura 2 Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de Natal. Fonte: ANA (2012) 6

Figura 3 Distribuição espacial dos poços tubulares monitorados na Parte Sul da cidade de Natal Fonte: imagem do Google Hearth. 12

Figura 4 Distribuição espacial dos poços tubulares monitorados na Parte Norte da cidade de Natal. Fonte: imagem do Google Hearth. 12

Figura 5 Representação Esquemática das Concentrações de N (NO-3) por Bacias Hidrográficas no município de Natal 16

Figura 6 Representação do comportamento das concentrações de N(NO-3) nos poços tubulares monitorados na cidade de Natal, no período de Outubro a Dezembro de 2014. 17

Figura 7 Comparação entre as concentrações de N (NO-3) nos anos de 2005 e 2014 em mg/L. . 19

Figura 8 Representação da condutividade elétrica (µS/cm) nos anos de 2005 e 2014. 20

Figura 9 Representação do pH nos anos de 2005 e 2014. 20

Figura 10 Representação das concentrações dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) mg/L. 21

Figura 11 Representação das concentrações Alcalinidade Total mg/L CaCO3. 22

Figura 12 Representação das concentrações de Cloreto Cl- mg/L. 22

Figura 13 Representação das concentrações de Cálcio Ca (mg/L). 23

Figura 14 Representação das concentrações de Magnésio Mg (mg/L). 24

Figura 15 Representação das concentrações de Sódio Na (mg/L). 24

Figura 16 Representação das concentrações de Potássio K (mg/L). 25

Figura 17 Representação das concentrações de Ferro (mg/L). 25

Figura 18 Representação das concentrações de Sulfato (mg/L). 26

Figura 19 Esquemas dos Diagramas de Piper e Shoeller-Berkaloff. 27

Figura 20 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff..... 28
Figura 21 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff..... 29
Figura 22 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff..... 30
Figura 23 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff..... 31
Figura 24 Representação das Concentrações de N (NO-3) mg/L, Setembro/2014. 37
Figura 25 - Representação das Concentrações Cátions (Ca2+ Mg2+ K+ Na+) e Aníons (Cl- SO2-4 CaCO-3) Setembro/2014. 40
Figura 26 Representação da Condutividade Elétrica e dos Sólidos Totais Dissolvidos nos poços CMI0809 e CMI0009. Campanha d Setembro/2014. 41
Figura 27 Comparação entre os valores de C.E e STD dos poços do município de Ceará Mirim e de alguns dos demais municípios da RMN. 41
Figura 28 Destaque do comportamento dos parâmetros monitorados no Poço EXT0001. 43
Figura 29 Destaque do comportamento dos parâmetros monitorados no Poço MAC0001, em um contexto dos demais poços dos outros municípios. 44
Figura 30 Destaque do comportamento dos parâmetros monitorados nos Poços em um contexto dos demais poços dos outros municípios 47
Figura 31 Esquemas dos Diagramas de Piper e Shoeller-Berkaloff. 49
Figura 32 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff..... 50
Figura 33 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff..... 51
Figura 34 Localização dos poços nos demais municípios da RMN..... 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 População urbana e densidade populacional na sede dos municípios da RMN. Fonte: MEDEIROS (2015) 4
Tabela 2 Resumo das principais características dos aquíferos Dunas, Barreiras, Jandaira e Açu. ... 9
Tabela 3 Resultados das análises químicas e microbiológicas das amostras das águas subterrâneas na cidade de Natal em 2014. 13
Tabela 4 Resumo dos Parâmetros químicos e biológicos por Bacia Hidrográfica e por aquífero. . 14
Tabela 5 Resumo dos parâmetros biológicos 33
Tabela 6 Resumo dos resultados das análises sobre os compostos BETEXs no período de outubro a dezembro de 2014..... 35
Tabela 7 Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas dos poços tubulares de alguns dos demais municípios da Região Metropolitana de Natal, campanha de Setembro/2014. 36
Tabela 8 Resultados das análises químicas dos poços CMI0809 e CMI0009..... 39
Tabela 9 Comportamento dos Sólidos Totais Dissolvidos, pH e Condutividade Elétrica nos poços CMI0809 e CMI0009..... 40
Tabela 10 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons no poço de Extremoz. 42
Tabela 11 Resultados da análise realizados no Poço de Extremoz 42
Tabela 12 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons no poço de Macaiba. 43
Tabela 13 Resultados da análise realizada no Poço de Macaíba 44
Tabela 14 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons no poço de Nísia Floresta/RN. 45
Tabela 15 Resultados das análises realizadas nos Poços de Nísia Floresta/RN. 45
Tabela 16 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons nos poços de Parnamirim/RN..... 46
Tabela 17 Resultados das análises realizadas nos Poços de Parnamirim/RN. 46

Tabela 18 Resultado da análise química em relação aos principais íons no poço de São José do Mipibu/RN 47
Tabela 19 Resultados das análises realizadas nos Poços de Parnamirim/RN. 48
Tabela 20 Resumo dos parâmetros biológicos 48

LISTA DOS QUADROS

Quadro 1 Bacias Hidrográficas inseridas na RMN. 2
Quadro 2 Classificação das águas dos poços monitorados, conforme a Resolução CONAMA 396/2008, nos anos de 2005 e 2014 18

ANEXOS

ANEXO 1 Informações gerais sobre os poços na RMN, especificamente na cidade de Natal. 56
ANEXO 2 Informações gerais sobre os poços, nos demais municípios da RMN. 58

1.0 INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico trata da apresentação e discussão dos resultados das análises, físicas, químicas e biológicas, das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Natal no ano de 2014, especialmente nos meses de outubro e dezembro, no que se refere à cidade de Natal e setembro para os municípios de São José do Mipibu, Nísia Floresta, Parnamirim, Extremoz e Ceará Mirim. As análises correspondem as coletas de água realizadas pela equipe de monitoramento do Instituto de Gestão das Águas (IGARN) no âmbito do Programa Água Azul. Destaca-se que a equipe responsável pela elaboração do presente relatório recebeu os dados das análises diretamente do NUPRAR, não tendo participado das coletas em campo, como também não participou da parte laboratorial. Nesse sentido, as interpretações e discussões aqui apresentadas foram realizadas com base em dados e informações emitidas pelos devidos órgãos responsáveis.

A estrutura do relatório compreende a análise e interpretação dos dados por municípios da RMN, como também pela unidade da bacia hidrográfica, ao mesmo tempo que destaca o tipo do aquífero. A equipe conduziu, dessa forma, pelo fato de que se os dados fossem interpretados apenas por bacia hidrográfica, as relações entre os impactos urbanos e a qualidade das águas subterrâneas não ficariam tão claros para os gestores, tendo em vista que a região metropolitana de Natal abrange 07 bacias hidrográficas, conforme pode ser visto no Quadro 01 e, portanto, essa disposição não facilitaria, inicialmente a percepção das relações entre o espaço do meio ambiente urbano e suas possíveis interferências no sistema aquífero Dunas/ Barreiras. Assim, por exemplo, ao visualizar em uma tabela ou mapa as concentrações de nitrato ou outro parâmetro, por municípios, tanto os gestores como o cidadão usuário passa a perceber o comportamento atual dos tecidos urbanos e seus possíveis impactos na qualidade das águas subterrâneas. Por outro lado, as águas subterrâneas não se apresentam igualmente as águas superficiais. A água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas do meio poroso (rochas sedimentares) ou fraturas, falhas e fissuras das rochas do meio fissural (rochas cristalinas). Já a bacia hidrográfica compreende a área na qual ocorre a drenagem de água para um rio principal e seus afluentes controlada pelas características geográficas e topográficas.

A partir dessa estrutura o respectivo trabalho se desenvolveu visando atender a compreensão e as inter-relações entre os seguintes tópicos: caracterização da área de monitoramento, metodologia, caracterização hidrogeológica e apresentação e discussão dos resultados.

A caracterização da área de monitoramento abordou os aspectos que de fato necessitam ser expressados para as possíveis correlações entre os impactos urbanos e suas interferências na qualidade das águas subterrâneas. Nesse sentido, foram destacados dados e informações relacionados as populações da RMN e dos seus municípios, densidade demográfica e principais fontes de contaminação e vulnerabilidade do sistema aquífero em apreço.

Ressalta-se, também, que além dos relatórios técnicos relacionados exclusivamente às campanhas de 2014, também, será elaborado um relatório em que contemple uma avaliação da evolução do comportamento da qualidade das águas subterrâneas, desde o início do Programa até o ano de 2016.

Quadro 1 Bacias Hidrográficas inseridas na RMN.

Bacia Hidrográfica	**Municípios inseridos**
05 – Maxaranguape	Ceará-Mirim
06 – Ceará-Mirim	Ceará-Mirim e Extremoz
07 – Doce	Ceará-Mirim, Extremoz e São Gonçalo do Amarante
08 – Potengi	Macaíba, Natal e São Gonçalo do Amarante
09 – Pirangi	Macaíba, Natal, Nísia Floresta, Parnamirim e São José de Mipibu
10 – Trairi	Macaíba, Nísia Floresta e São José de Mipibu
16 – Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso	Ceará Mirim, Extremoz, Natal, Nísia Floresta, Parnamirim e São José de Mipibu

O tópico relacionado a caracterização hidrogeológica diz respeito a uma breve descrição das principais características hidrogeológicas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no intuito de facilitar, para os gestores que tratam das questões ambientais e dos recursos hídricos, a

compreensão em relação a vulnerabilidade do Sistema. Estas informações são necessárias, tendo em vista que os resultados das campanhas de monitoramento serão melhores interpretados e compreendidos diante da possibilidade de fazer relações diversas tais como: a composição litológica dos sedimentos do meio poroso do Sistema Dunas/Barreiras; espessura da zona não saturada; espessura da zona saturada, a disposição entre as diferentes formações geológicas na RMN, o comportamento do aquífero em relação a tipologia Livre e semiconfinado, dentre outras informações.

Salienta-se que esse relatório trata especificamente da Campanha de outubro a dezembro de 2014 em atendimento ao Programa Agua Azul. Destaca-se que outros relatórios serão elaborados e abordarão as relações e evoluções em torno das demais campanhas realizadas no âmbito do Programa Agua Azul.

2.0 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL

2.1 Aspectos Demográficos

A Região Metropolitana de Natal (RMN) abrange uma superfície de 2.722,8 km², o que corresponde a 5,16% do território estadual e compreende os municípios de Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Ceará-Mirim, Macaíba, Extremoz, Nísia Floresta, São José de Mipibu e Monte Alegre totalizando nove municípios Figura 01. Conforme o Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população da RMN atingiu 1.340.285 habitantes, representando 42% da população total do Rio Grande do Norte, de forma que 803.739 habitantes, se concentram em Natal o que representa 60% da população da região metropolitana. A Tabela 01 demonstra a densidade populacional em Natal e nos demais municípios da RMN.

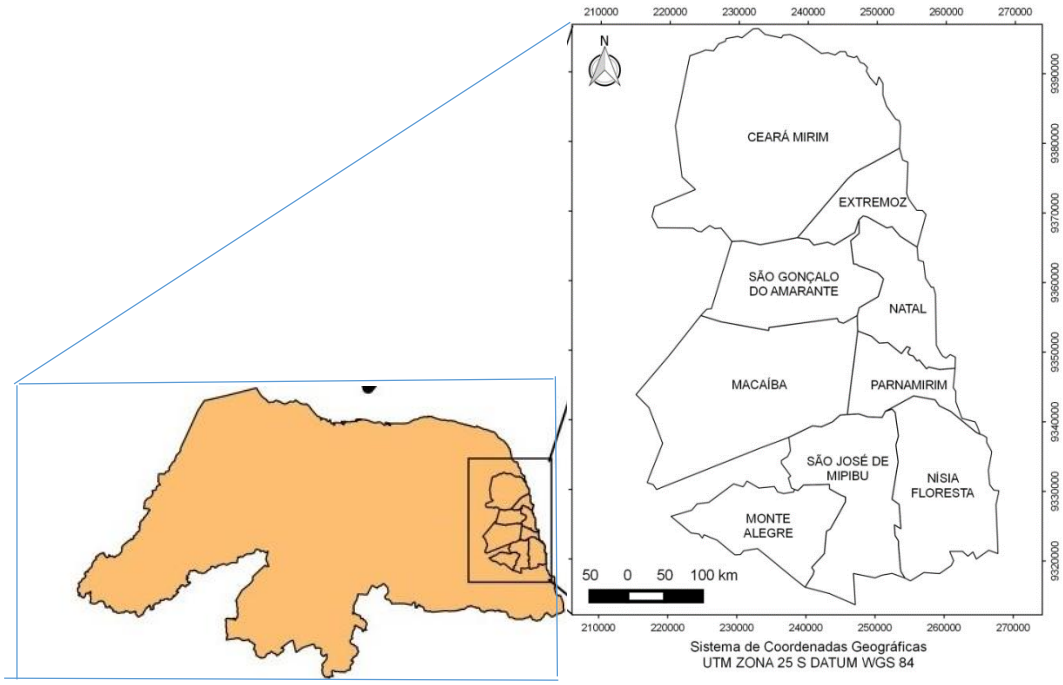


Figura 1 - Municípios que compõe a Região Metropolitana de Natal. Adaptado de MEDEIROS (2015).

Tabela 1 População urbana e densidade populacional na sede dos municípios da RMN. Fonte: MEDEIROS (2015)

Município	**População urbana (hab)**	**Área da sede (ha)**	**Densidade populacional na sede (hab/ha)**
Natal	803.739	10.858	74,0
Parnamirim	202.456	2.219	91,2
São G. do Amarante	74.099	313	236,7
Macaíba	42.631	253	168,5
Ceará-Mirim	35.494	456	77,8
São José de Mipibu	18.232	198	92,1
Extremoz	15.769	150	105,1
Nísia Floresta	9.380	128	73,3
Monte Alegre	9.002	123	73,2
TOTAL	1.200.813	14.698	81,7

2.2 Uso e ocupação do solo

MEDEIROS (2015) enfatiza que devido à disponibilidade e importância da água subterrânea, seu manejo e proteção possui uma relação sensível e diretamente influenciada pelo modelo de uso e ocupação do solo na RMN. As atividades que são desenvolvidas em superfície podem produzir, manipular e concentrar compostos químicos que podem, em condições específicas, atingir os aquíferos e contaminar as águas subterrâneas.

Estudos elaborados pela Agencia Nacional de Águas (2012) identificou áreas de expansão urbana, carcinicultura, vegetação, mata nativa, mangue, dunas, agricultura e áreas ambientalmente protegidas Figura 02.

Dentre tantos estudos já realizados no âmbito da RMN, MEDEIROS (2015) desenvolveu uma pesquisa que teve como objetivo avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas por nitrato decorrente das deficiências relativas ao sistema de esgotamento sanitário, o qual está diretamente relacionado ao modelo de ocupação urbana da RMN. A análise da ocupação da área de estudo considerou dados populacionais, assim como os dados de densidades demográficas e taxas de população nas zonas urbana e rural por meio do perfil de ocupação do solo.

Portanto, a discussão dos resultados do monitoramento das águas subterrâneas da RMN tomará como subsídio alguns desses estudos.

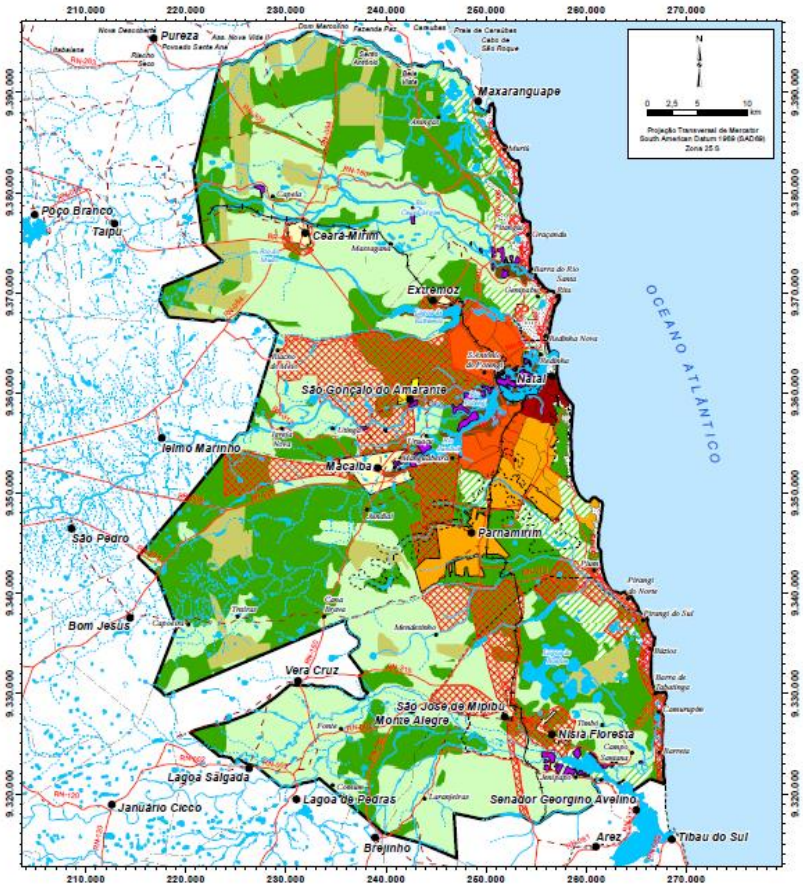


Figura 2 Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de Natal. Fonte: ANA (2012)

Uso e ocupação do solo

- Zona de Expansão Urbana
- Área desapropriada para assentamentos
- Carcinicultura
- Vegetação
- Mata
- Mangue
- Dunas
- Agricultura (diversos)
- Áreas protegidas

Densidade Populacional (hab/km²)

- < 300
- 301 - 1500
- 1501 - 4000
- 4001 - 6000
- > 6000

Convenção Cartográfica

- Sedes municipais
- Povoados e assentamentos
- Ferrovia
- Estradas pavimentadas
- Lagos, lagoas, lagunas ou açudes
- Rios intermitentes
- Rios perenes
- Limites municipais
- Área de estudo

2.3 Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos

2.3.1 Aspectos Hidrológicos

A Região Metropolitana de Natal envolve sete bacias hidrográficas inseridas totalmente ou parcialmente: bacia do rio Doce, bacia do rio Potengi, bacia do rio Pirangi, bacia do rio

Maxaranguape, bacia do rio Ceará-Mirim, bacia do rio Trairi e Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso.

Conforme os estudos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (SERHID, 1998) as bacias inseridas na RMN apresentam um escoamento anual médio de 24,6 m³/s, equivalente a um volume de aproximadamente 776 milhões de m³/ano. As bacias hidrográficas que representam os recursos hídricos superficiais da RMN são constituídas pelas lagoas de médio porte (Jiqui, Bonfim e Extremoz), pequenas lagoas interdunares e as bacias dos rios Potengi, Ceará-Mirim, Pirangi, Trairí e Doce. A lagoa de Extremoz tem capacidade de explotação de 20 milhões de m³/ano e a lagoa do Jiqui de 12 milhões de m³/ano. Já na Lagoa do Bonfim, o volume explotado anualmente é da ordem de 3,4 milhões de m³ (PEREIRA *et al.*, 2000, MELO *et al.*, 2001).

2.3.2 Aspectos Hidrogeológicos

A área em apreço constitui-se por sedimentos de idade tércio-quaternária do Grupo Barreiras e coberturas recentes de dunas e aluviões, o que confere a existência do principal manancial de reservas de águas subterrâneas na RMN denominado de Sistema Aquífero Dunas/Barreiras. Esse conjunto de sedimentos é caracterizado como um Sistema Único que em algumas regiões se apresenta como livre e em outras se apresenta com características de aquífero semiconfinado. Estratigraficamente abaixo desse sistema aquífero encontram-se os materiais compostos por arenito calcífero que dependendo da profundidade do poço tubular pode-se conferir uma qualidade de água diferente daquela típica do sistema aquífero Dunas/Barreiras, tendo em vista que a perfuração pode ter atingido o arenito calcífero. Assim, as equipes técnicas que lidam com o monitoramento desses sistemas devem sempre estarem atentas em relação aos aspectos físico-químicos das águas subterrâneas desses mananciais e assim identificar se a água analisada é exclusivamente do aquífero Dunas/Barreiras ou trata-se de uma água misturada. Os sedimentos Barreiras ocorrem ao longo de todo o litoral oriental do Rio Grande do Norte, com larguras entre 10 e 40 km e apresentam-se com espessuras que variam de 50 a 120 m, cuja porção superior é formada, em geral, por sedimentos mais argilosos. São arenitos argilosos, argilas arenosas, siltitos, argilas e intercalações de arenitos de granulação fina a grossa, com coloração geralmente avermelhada. Os perfis litológicos dos poços tubulares mostram que na parte inferior da formação predominam arenitos de granulação fina a grossa, com intercalações argilosas de coloração predominantemente clara (creme a amarelada) e ocorrendo localmente níveis de seixos arredondados a sub-arredondados. A feição geomorfológica desta formação constitui-se por Tabuleiros Costeiros, cujas

terminações na linha de costa formam as falésias adjacentes às faixas de praias atuais (AMARAL *et al.*, 2005). Nessa linha de costa os sedimentos da formação Barreiras são recobertos por areias de das formações dunares e nos vales dos rios são recobertos pelos sedimentos aluviais. As elevadas taxas de percolação e consequentes relevantes infiltrações diretas das águas de chuva, nesse sistema hidráulico único, indiferenciado e interconectado, que forma o Sistema Aquífero Dunas/Barreiras favorecem às recargas em várias localizações na RMN implicando assim na sua qualidade, seja para diluir as concentrações de contaminantes ou para carrear determinados contaminantes, conforme as disposições das fontes de poluição e contaminação na superfície do solo. Conforme os estudos realizados no âmbito do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, (SERHID, 1998) os valores regionais médios de transmissividade (T) para o aquífero Barreiras são próximos a $5\times10^{-3}m^2/s$, sendo os maiores valores registrados entre os municípios de Extremoz e Natal e entre Natal e Nísia Floresta. Portanto, além da existência dessa configuração de materiais porosos e permeáveis a alta potencialidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras se deve também a conjunção com outros aspectos como climáticos, em que as séries históricas registram precipitações médias anuais da ordem de 1.500 mm, as feições geomorfológicas, já descritas, que favorecem a infiltração de águas de chuva e recarga dos aquíferos, além da interação das águas superficiais e as águas subterrâneas. Assim, boa parte da RMN conta com um modelo onde as dunas exercem a relevante função de transferência das águas de chuvas para os estratos arenosos do aquífero Barreiras. No entanto, esse modelo conceitual que envolve: um sistema único e indiferenciado entre as areias das Dunas e os arenitos da formação Barreiras, além de um caráter livre, uma alta porosidade e condutividade hidráulica das areias das dunas, tudo isso torna o sistema naturalmente vulnerável e dependendo da carga contaminante o risco para a contaminação do Sistema aquífero pode ser potencializado.

Sotopostos aos sedimentos do Grupo Barreiras encontram-se os arenitos calcíferos, provavelmente de idade cretácea. O Aquífero Cretáceo aflora em porções isoladas no município de Ceará-Mirim. O Aquífero Cristalino é a unidade basal e conforme estudos realizados por SERHID (1998), quando se trata do próprio afloramento na RMN essa ocorrência se dá em porções isoladas. Sua capacidade de bombeamento é baixa e a água tem normalmente alto teor de sais. A tabela 02 mostra um resumo das potencialidades desses mananciais subterrâneos.

Tabela 2 Resumo das principais características dos aquíferos Dunas, Barreiras, Jandaira e Açu.

Aquífero	Disponibilidade* ($x10^6$ m³/ano)	Potencialidade** ($x10^6$ m³/ano)	Prof. média dos poços (m)	Vazão média dos poços (m³/h)
Dunas	0,00	0,29	5	1
Barreiras	80,23	215,18	40 a 100	10 a 100
Cretáceo/Jandaíra	0,15	0,32	80	5 a 30
Cretáceo/Açu	0,37	0,05	250 a 400	10 a 30

Fonte: adaptado de SERHID, 1998.
* Refere-se aos volumes explotados dos aquíferos através de poços (milhões de metros cúbicos por ano).

** Refere-se às reservas explotáveis que podem ser extraídos sem comprometer o equilíbrio dos sistemas aquíferos, (milhões de metros cúbicos por ano).

3.0 METODOLOGIA

Os resultados das análises foram interpretados nos recortes espaciais dos municípios, das bacias hidrográficas e dos aquíferos, no intuito de oferecer aos gestores as possibilidades de visualização do comportamento da qualidade das águas subterrâneas nestas diferentes dimensões. Os parâmetros que compõe o monitoramento das águas subterrâneas compreendem:

- Físicos: turbidez; temperatura;
- Químicos: pH; Bicarbonato, Cálcio, Carbonato, Condutividade Elétrica, Dureza, Ferro, Potássio, Magnésio, Sódio, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Sulfato; Sólidos Totais Dissolvidos (STD); Condutividade Elétrica; Dureza.
- Microbiológicos: as bactérias do grupo coliformes (fecais e os termotolerantes);
- Hidrocarbonetos menos densos que a água - LNAPL (light non-aqueous phase liquids) do grupo BTEX Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno, presentes na gasolina. Conforme informações da equipe técnica do IGARN, (relatórios técnicos anteriores) para os procedimentos de coletas das amostras de água subterrânea e das respectivas análises foram adotadas as técnicas referenciadas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, edição 2011.

Destaca-se, ainda, que a equipe técnica do IGARN responsável pelas coletas tem registrado que a localização dos poços, inicialmente realizada no escritório, tem sido reavaliada a partir das experiências dos trabalhos de campo, priorizando as questões referentes ao aquífero, acesso, estrutura do local e o tipo de poço. As amostragens, no âmbito do Programa, têm sido realizadas pela equipe técnica do IGARN.

No que se refere aos resultados das análises relacionados às campanhas do ano de 2014, estas foram dispostas em planilhas Excel, como também em fichas de análises do programa Aqcuachem. A partir dessas planilhas e gráficos as águas foram caracterizadas quanto à sua classificação, através do diagrama de Piper e quanto à potabilidade, através do diagrama de Shoeller Berkaloff. Os resultados também foram analisadas em relação a Resolução CONAMA 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Devido ao histórico da presença de nitrato nas águas subterrâneas na cidade de Natal e considerando a existência de um cadastro de poços realizado, em Natal, no ano de 2005, onde esse composto também foi analisado, fez-se uma comparação da situação do comportamento do nitrato nos anos de 2005 e 2014 para alguns daqueles mesmos poços monitorados.

A partir das interpretações das análises físico-químicas, biológicas como também em relação aos compostos BETEX foram realizadas algumas correlações com o uso e ocupação do solo através de estudos anteriores que aborda sobre questões como a evolução demográfica, carga contaminante do meio urbano na RMN, dentre outros fatores. Essas correlações servem como indicadores visuais, para os gestores, que vêm para contribuir com a condução da aplicação dos instrumentos das políticas dos recursos hídricos, do meio ambiente, dentre outras.

4.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

4.1 Apresentação e discussão dos resultados relacionados aos aspectos físico-químicos dos poços monitorados na cidade de Natal – Período Outubro a Dezembro/2014

4.1.1 – Comportamento do Nitrato (NO^-_3) com Base na Campanha de Outubro a Dezembro de 2014

O tratamento dos dados, representados nas figuras 03, 04, 06, demonstra que dos 21 poços tubulares, monitorados na campanha de Outubro a Dezembro de 2014, 57,14% destas unidades estão com concentrações de (N) no composto Nitrato (NO^-_3) acima de 10mg/L.

Dentre os 16 poços monitorados na parte sul de Natal, apenas 2 poços apresentaram concentrações abaixo de 4,0 mg/L de N no composto Nitrato (NO^-_3), que foi em Ponta Negra e Parque das Dunas (Centro de Convenções), e 14 poços (87,5%) com as concentrações na faixa de 9,9 a 18,8 mg/L de N no composto Nitrato (NO^-_3), figura 03.

Em relação aos três poços tubulares monitorados na parte Norte da cidade de Natal, 01 poço apresentou concentração de N no composto Nitrato (NO^-_3), acima de 10,0 mg/L que foi no Bairro de Pajuçara. Os outros dois poços nos bairros de Nossa Senhora da Apresentação e Potengi apresentaram respectivamente 4,88 e 0,44 mg/L, conforme disposição espacial na figura 04.

A distribuição espacial dos poços da rede de monitoramento do Programa Água Azul, relacionados aos poços tubulares da cidade de Natal está disposta no anexo 01 e nas figuras 03 e 04.

Quando esses resultados são visualizados por bacias hidrográficas, figura 05, observa-se que os valores máximos das concentrações de N (NO^-_3) na Bacia Hidrográfica do rio Doce é da ordem de 14,52 na Bacia do Rio Doce, 18,8 mg/L na bacia do rio Potengi e 17,84 na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso. Em relação aos valores mínimos, a bacia do rio Doce apresentou valor da ordem de 4,88 mg/L, na bacia do Potengi o valor foi zero e na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso o valor mínimo foi de 3,58 mg/L de N (NO^-_3). Destaca-se que devido ao fato da extensão territorial de cada bacia hidrográfica e dos diferentes aquíferos que compõem cada uma das bacias, não é possível fazer relações seguras sobre a interferência das águas superficiais nas águas subterrâneas do aquífero Dunas/Barreiras. Nessa mesma linha de raciocínio vale salientar que a amostragem por aquífero em cada uma das bacias hidrográficas, no âmbito do Programa Água Azul, não é suficiente para caracterizar uma determinada qualidade para toda a área territorial da respectiva bacia.

Figura 3 Distribuição espacial dos poços tubulares monitorados na Parte Sul da cidade de Natal Pontos localizados na base do **Google Earth. Ano** 2016; Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat**.**

Figura 4 Distribuição espacial dos poços tubulares monitorados na Parte Norte da cidade de Natal. Pontos localizados na base do **Google Earth. Ano** 2016; Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat**.**

Legenda

0 - 3,0 mg/L N (NO^{-3})

3,1 - 5,0 mg/L N (NO^{-3})

5,1 – 9,9 mg/L N (NO^{-3})

> 10,0 mg/L N (NO^{-3})

Tabela 3 Resultados das análises químicas e microbiológicas das amostras das águas subterrâneas na cidade de Natal em 2014.

Poço	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)
VMP*	-	-	200	-	0,3	250	250	-	1	10	1000	Ausente
ALE0758	2,62	12,11	27,00	7,35	0,03	32,97	33,13	3,12	0,00	16,13	209,37	?
CAN0447	9,88	7,22	16,00	3,24	0,07	16,80	21,54	19,79	0,00	9,46	126,41	32
CAN1253	3,02	6,73	23,00	5,29	0,04	7,59	23,19	4,16	0,00	15,61	140,35	?
CAN1312	5,44	5,26	18,06	3,53	0,10	4,25	24,85	8,33	0,00	10,87	114,04	84
CPM0668	12,04	7,92	26,34	2,94	0,04	4,16	29,82	19,27	0,00	18,80	175,64	Ausente
GUA0768	4,23	4,52	17,71	2,35	0,09	8,50	26,50	9,37	0,00	6,46	114,76	Ausente
LGN0453	2,22	4,77	18,33	0,88	0,06	3,62	14,91	0,00	0,00	12,94	112,32	Ausente
NDE0087	5,44	4,28	18,50	2,43	0,09	5,40	19,88	6,25	0,00	10,74	108,39	$4,5*10^3$
NSA0269	0,61	2,35	20,00	2,97	0,04	3,98	26,50	3,12	0,00	4,88	91,49	?
PAJ0180	10,41	10,28	37,89	3,82	0,04	4,44	56,32	9,37	0,00	14,52	239,22	$2,3*10^3$
PET0377	1,01	4,40	22,00	2,65	0,08	7,22	28,16	1,04	0,00	8,28	115,46	74,00
PIT1318	5,04	4,77	19,30	2,43	0,03	6,30	19,88	7,28	0,00	12,60	118,67	56,00
PLA0065	18,57	5,08	17,14	2,65	0,04	1,26	16,57	45,83	0,00	11,59	116,86	Ausente
PNE0787	0,60	1,83	9,14	1,47	0,05	4,00	16,57	1,04	0,00	0,42	50,00	126,00
POT0003	23,59	13,57	15,00	8,23	0,04	13,42	26,50	123,95	0,00	0,44	201,21	$6,8*10^3$
POT0605	7,43	9,14	32,00	4,70	1,49	14,07	62,95	26,04	0,02	2,95	202,70	64,00
PQD0690	2,25	3,84	15,71	1,47	0,05	6,00	23,19	3,65	0,00	3,58	82,92	Ausente
QUI0918	9,18	9,78	30,52	10,93	0,03	22,00	41,41	4,17	0,00	18,75	214,74	$2,7*10^3$
STR1176	73,79	21,28	29,00	6,17	0,04	90,00	39,76	217,68	0,00	0,00	361,60	?
TIR0355	8,67	10,64	22,00	6,76	0,08	18,75	29,82	3,12	0,00	17,84	196,65	85,00
TIR1173	1,41	6,48	24,21	2,94	0,05	4,50	23,19	0,00	0,00	13,77	154,63	28,00

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

Tabela 4 Resumo dos Parâmetros químicos e biológicos por Bacia Hidrográfica e por aquífero.

ID	Bacia Hidrográfica/Aquífero	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)
VMP*		-	-	200	-	0,3	250	250	-	1	10	1000	0
NSA0269	BH Rio Doce/Aquif. Dunas/Barreiras	0,61	2,35	20	2,97	0,04	3,98	26,5	3,12	0	4,88	91,49	?
PAJ0180		10,41	10,28	37,89	3,82	0,04	4,44	56,32	9,37	0	14,52	239,22	2300
Max.		10,41	10,28	37,89	3,82	0,04	4,44	56,32	9,37	0	14,52	239,22	2300
Médio		5,51	6,32	28,95	3,40	0,04	4,21	41,41	6,25	-	9,70	165,36	
Min.		0,61	2,35	20	2,97	0,04	3,98	26,5	3,12	0	4,88	91,49	0
ALE0758	BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras	2,62	12,11	27	7,35	0,03	32,97	33,13	3,12	0	16,13	209,37	-
CAN0447		9,88	7,22	16	3,24	0,07	16,8	21,54	19,79	0	9,46	126,41	32
CAN1253		3,02	6,73	23	5,29	0,04	7,59	23,19	4,16	0	15,61	140,35	-
CAN1312		5,44	5,26	18,06	3,53	0,1	4,25	24,85	8,33	0	10,87	114,04	84
LGN0453		2,22	4,77	18,33	0,88	0,06	3,62	14,91	0	0	12,94	112,32	0
NDE0087		5,44	4,28	18,5	2,43	0,09	5,4	19,88	6,25	0	10,74	108,39	4500
PET0377		1,01	4,4	22	2,65	0,08	7,22	28,16	1,04	0	8,28	115,46	74
PQD0690		2,25	3,84	15,71	1,47	0,05	6	23,19	3,65	0	3,58	82,92	0
TIR0355		8,67	10,64	22	6,76	0,08	18,75	29,82	3,12	0	17,84	196,65	85
TIR1173		1,41	6,48	24,21	2,94	0,05	4,5	23,19	0	0	13,77	154,63	28
Máx.		9,88	12,11	27	7,35	0,1	32,97	33,13	19,79	0	17,84	209,37	4500
Médio		4,71	7,08	21,07	3,99	0,07	12,73	25,00	6,30	-	12,46	142,72	1.033,67
Mínimo		1,01	3,84	15,71	0,88	0,03	3,62	14,91	0	0	3,58	82,92	28
PNE0787	BH Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras	0,6	1,83	9,14	1,47	0,05	4	16,57	1,04	0	0,42	50	126
PIT1318		5,04	4,77	19,3	2,43	0,03	6,3	19,88	7,28	0	12,6	118,67	56
PLA0065		18,57	5,08	17,14	2,65	0,04	1,26	16,57	45,83	0	11,59	116,86	0

ID		Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)
POT0003		23,59	13,57	15	8,23	0,04	13,42	26,5	123,95	0	0,44	201,21	6800
POT0605		7,43	9,14	32	4,7	1,49	14,07	62,95	26,04	0,02	2,95	202,7	64
ID		**Cálcio (mg/L)**	**Magnésio (mg/L)**	**Sódio (mg/L)**	**Potássio (mg/L)**	**Ferro (mg/L)**	**Sulfato (mg/L)**	**Cloreto (mg/L)**	**Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)**	**Nitrito (expresso em N) (mg/L)**	**Nitrato (expresso em N) (mg/L)**	**Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)**	**Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)**
QUI0918		9,18	9,78	30,52	10,93	0,03	22	41,41	4,17	0	18,75	214,74	2700
STR1176		73,79	21,28	29	6,17	0,04	90	39,76	217,68	0	0	361,6	-
CPM0668		12,04	7,92	26,34	2,94	0,04	4,16	29,82	19,27	0	18,8	175,64	0
GUA0768		4,23	4,52	17,71	2,35	0,09	8,5	26,5	9,37	0	6,46	114,76	0
Máx.		23,59	21,28	32	10,93	1,49	90	62,95	217,68	0,02	18,8	361,6	6.800,00
Médio		12,04	9,92	22,82	5,28	0,33	25,37	34,29	67,23	0,00	9,08	191,78	1.838,44
Mínimo		0,6	1,83	9,14	1,47	0,03	1,26	16,57	1,04	0	0	50	-

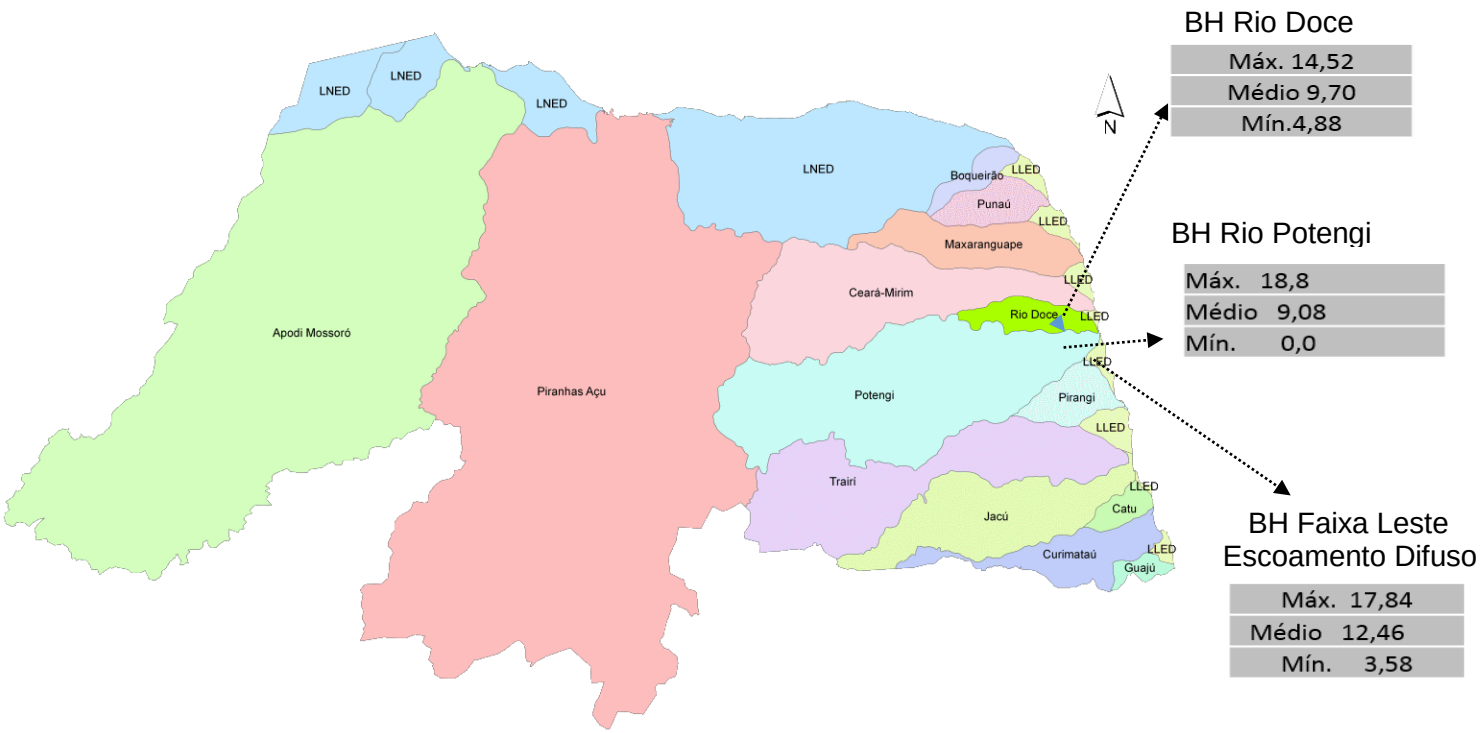


Figura 5 Representação Esquemática das Concentrações de N (NO-3) por Bacias Hidrográficas no município de Natal

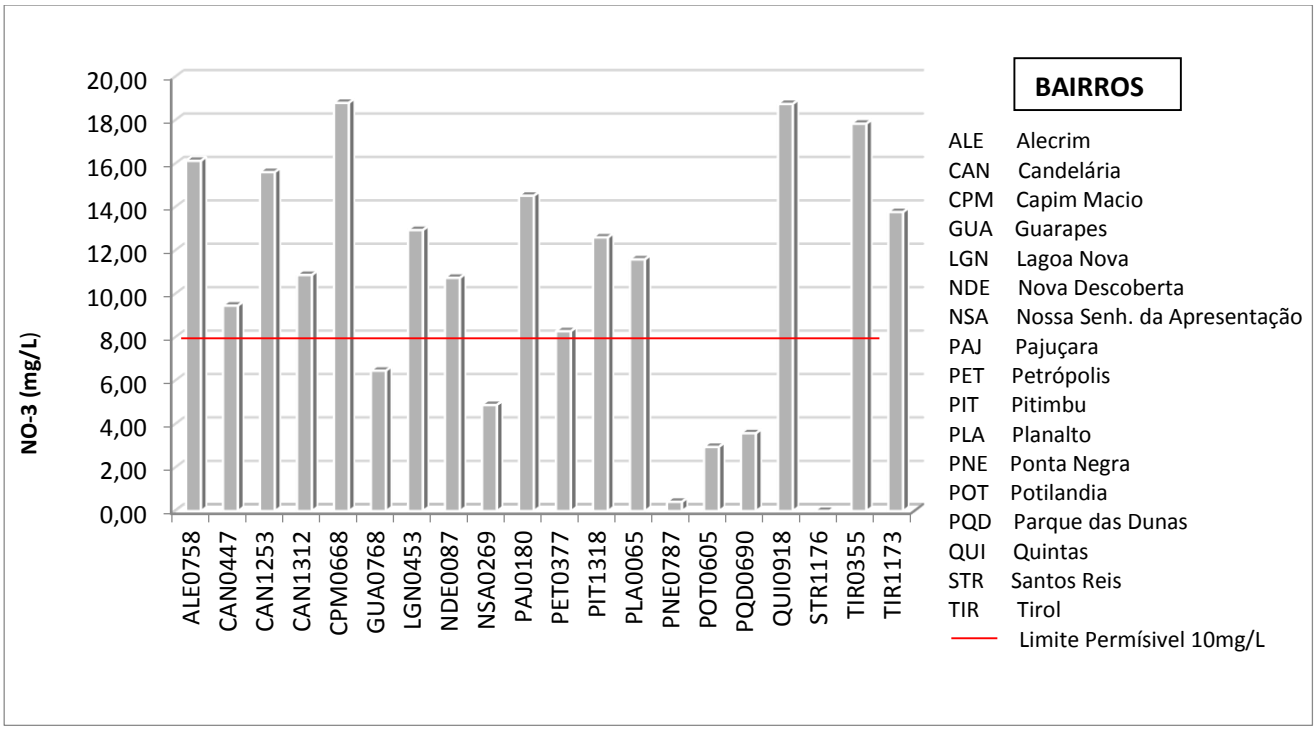


Figura 6 Representação do comportamento das concentrações de N(NO-3) nos poços tubulares monitorados na cidade de Natal, no período de Outubro a Dezembro de 2014.

Considerando a existência do cadastro de poços tubulares da cidade de Natal realizado em 2005, cujas concentrações de N(NO^-_3), também, foram analisadas na época fez-se uma comparação entre as medições atuais e aquelas determinadas no ano de 2005 para a cidade de Natal. Essa comparação teve como objetivo verificar a ocorrência de alguma alteração e comparar com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Dentre os 21 poços monitorados, em 2014 quando verificadas as suas concentração de N em 2005, observa-se que 13 destes poços apresentavam-se na classe 2, e 08 poços na Classe 3, conforme a Resolução 396/2008. Em 2014 observou-se que 5 dos 13 poços que estavam na classe 2 passaram para a classe 03 (CAN1312, LGN0453, NDE0087, PIT1318, PLA0065) demonstrando um deterioramento na qualidade das águas nos bairros de Candelária, Lagoa Nova, Nova descoberta, Pitimbu e Planalto. Verificou-se também que dos 08 poços que apresentavam suas águas como sendo da Classe 3, apenas 1 poço apresenta-se como sendo da Classe 2, em 2014 (CAN0447), os demais continuam na classe 3, (ALE0758, CAN1253, CPM0668, PAJ0180, QUI0918, TIR0355, TIR1173), respectivamente nos Bairros do Alecrim, Candelária, Capim Macio, Pajuçara, Quintas e

Tirol, ou seja: não houve melhoras em relação às concentrações de N (NO-3) entre 2005 e 2014, conforme pode ser visualizado no Quadro 02.

Quadro 2 Classificação das águas dos poços monitorados, conforme a Resolução CONAMA 396/2008, nos anos de 2005 e 2014

Poço	Classificação das águas segundo a Res. 396/2008 para teores de nitrato	
	2005 [1]	2014 [2]
ALE0758		
CAN0447		
CAN1253		
CAN1312		
CPM0668		
GUA0768		
LGN0453		
NDE0087		
NSA0269		
PAJ0180		
PAR0118		
PET0377		
PIT1318		
PLA0065		
PNE0787		
POT0605		
PQD0690		
QUI0918		
STR1176		
TIR0355		
TIR1173		

Classe 2

Classe 3

[1] Relatório Cadastro de Poços de Natal

[2] Programa Água Azul

ALE	Alecrim	CAN	Candelária
CPM	Capim Macio	GUA	Guarapes
LGN	Lagoa Nova	NDE	Nova Descoberta
NSA	Nossa Senh. da Apresentação		
PAJ	Pajuçara	PET	Petrópolis
PIT	Pitimbu	PLA	Planalto
PNE	Ponta Negra	POT	Potilandia
PQD	Parque das Dunas	QUI	Quintas
STR	Santos Reis	TIR	Tirol

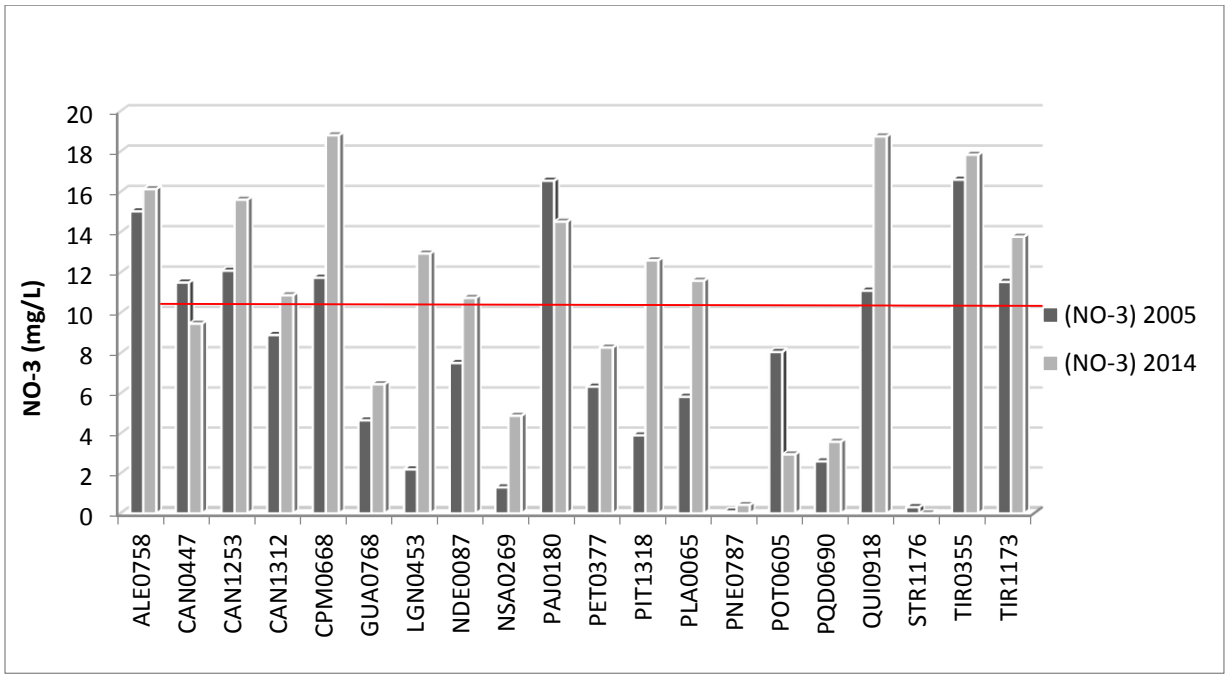


Figura 7 Comparação entre as concentrações de N (NO-3) nos anos de 2005 e 2014 em mg/L.

4.1.2 Condutividade Elétrica e pH

Os valores obtidos para a condutividade elétrica variaram de 73,86 µS/cm a 634,0 µS/cm com um valor médio de 229,07 µS/cm. Verifica-se que os valores determinados estão altos para as águas do aquífero Barreiras, tendo em vista que o seu comportamento, normalmente, quando trata-se exclusivamente das águas do aquífero Barreiras com a ausência de contaminação por nitrato os valores da condutividade elétrica se situam no máximo até de 150 µS/cm. Assim, pode-se deduzir que provavelmente esses altos valores da condutividade elétrica poderão estar associados às concentrações de nitrato. Destaca-se, também a observância no tocante à coleta da água, ou seja se realmente essa amostra representa o aquífero Barreiras. O poço STR1176, por exemplo, localizado em Santos Reis apresentou os maiores valores em relação aos parâmetros da condutividade elétrica, figura 08, da ordem de 634,0 µS/cm, pH de 7,4, Cálcio de 73,9 mg/L e alcalinidade de bicarbonato de 217,68 mg/, por outro lado não indicou a presença de nitrato. Essa correlação sugere que nesse poço provavelmente poderá estar existindo uma mistura de águas do aquífero constituído por arenitos da Formação Barreiras com as águas do aquífero constituído por arenitos calcíferos.

O pH variou de um mínimo de 4,5 a um máximo de 7,4 com média de 5,86 o que permite caracterizar as águas, em geral, como ácidas. Verifica-se, ainda, que houve um aumento do pH nos Bairros de Capim Macio, Guarapes, Pajuçara, Quintas e Tirol, figura 09.

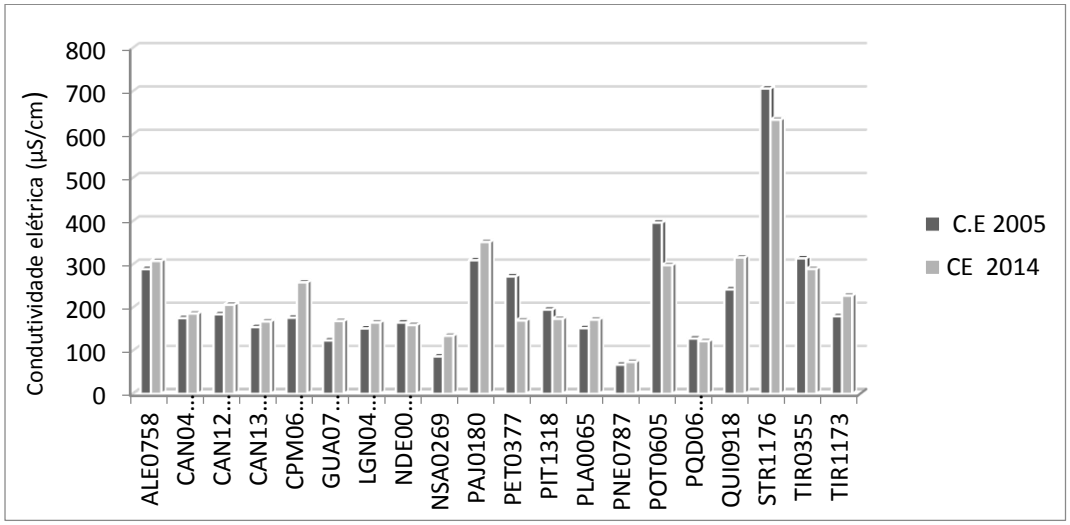


Figura 8 Representação da condutividade elétrica (µS/cm) nos anos de 2005 e 2014.

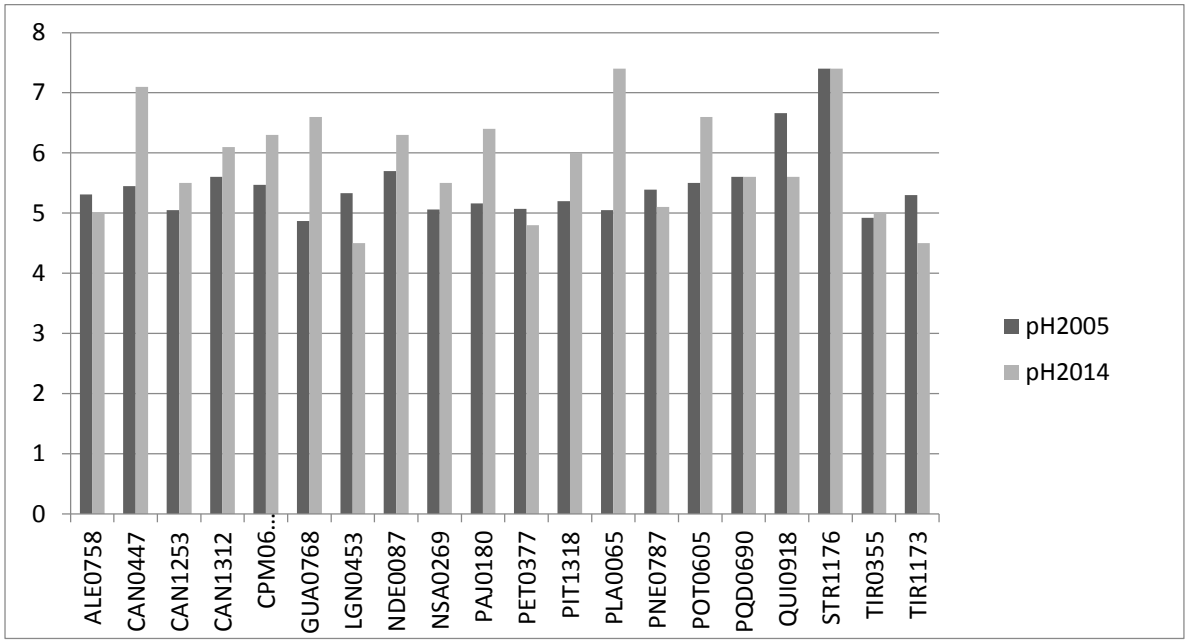


Figura 9 Representação do pH nos anos de 2005 e 2014.

4.1.3 Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos, representados na figura 10, variaram de 48,8 mg/L a 361,6 mg/L, com média de 149,82 mg/L e desvio padrão de 71,20. A maior concentração de STD diz respeito ao mesmo poço que apresentou maior pH (7,4) e maior condutividade hidráulica, sugerindo que essa

amostra de água, cujo poço tubular está localizado no bairro de Santos Reis, esteja representando uma mistura das águas armazenadas no aquífero Barreiras e no aquífero mais profundo constituído por sedimentos com relevantes concentrações de carbonatos. Destaca-se, que todos as amostras indicaram concentrações dentro do limite permissível, que é de no máximo 1000 mg/L, conforme a Resolução CONAMA 396/2008.

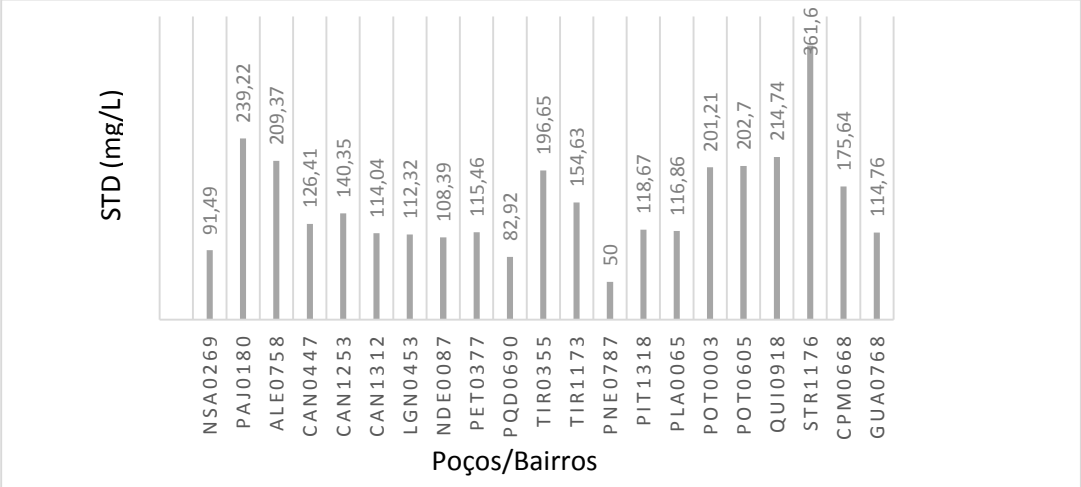


Figura 10 Representação das concentrações dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) mg/L.

4.1.4 Alcalinidade Total

Foram registrados valores de 0 mg/L $CaCO_3$ a 217,68 mg/L $CaCO_3$, com desvio padrão de 50,82mg/L $CaCO_3$. O poço que apresenta o valor de 217,0 mg/L $CaCO_3$ se refere ao poço STR1176, localizado em Santos Reis, estando compatível com os resultados referentes ao pH e STD, conforme já destacado nos itens 4.1.2 e 4.1.3.

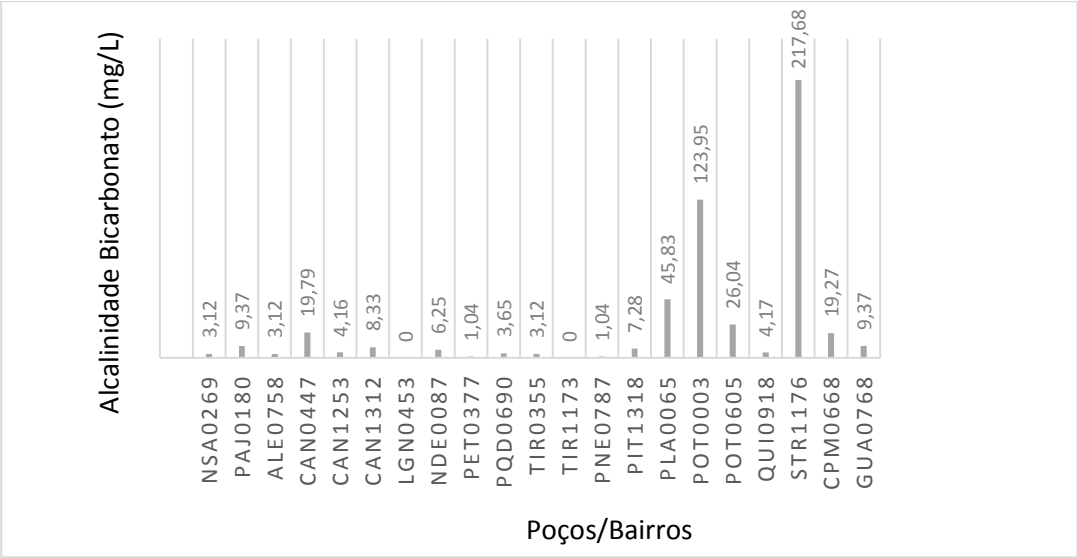


Figura 11 Representação das concentrações Alcalinidade Total mg/L CaCO3.

4.1.5 – Cloreto

O cloreto variou de 14,91mg/L (LGN 453) localizado no Bairro de Lagoa Nova a 62,95 mg/L, (POT0605) localizado no Bairro de Potilandia. A média dos 21 poços analisados foi de 28,24 mg/L. O desvio padrão foi de 12,33 não tanto elevado quando comparado com outros íons, de modo que as análises indicam que os pontos monitorados apresentam concentrações de Cloreto dentro dos limites permissíveis, conforme a Resolução CONAMA 396/2008, que é de 250mg/L.

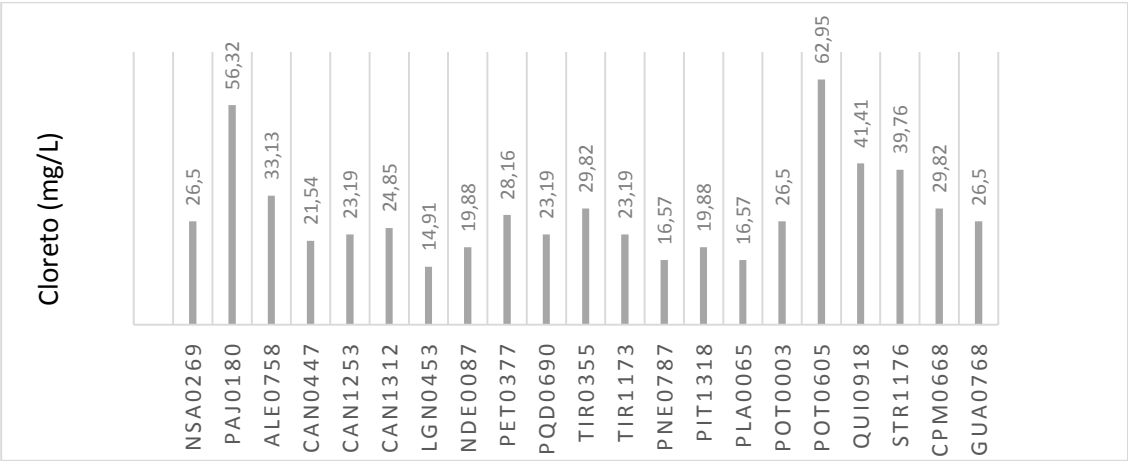


Figura 12 Representação das concentrações de Cloreto Cl- mg/L.

4.1.6 Cálcio

As concentrações de Ca, figura 13, variaram de 0,6 mg/L, (NSA0269) poço localizado no Bairro de Nossa Senhora da Apresentação, a 73,79 mg/L (STR1176) poço localizado no Bairro de Santos Reis. A média dos 21 poços analisados indicou um valor da ordem de 9,51 mg/L com um desvio padrão de 15,52. Vale salientar que não considerando o valor de 73,79 mg/L que possivelmente diz respeito a uma mistura das águas do aquífero Dunas/Barreiras com águas do aquífero constituído por arenito calcífero o valor médio é de 6,68 mg/L.

4.1.7 Magnésio (Mg)

O Magnésio, representado na figura 14, variou de 1,83 mg/L, (PNE0787) poço localizado em Ponta Negra, a 21,28 (STR1176) poço localizado no Bairro de Santos Reis. O valor médio das concentrações é da ordem 7,30 mg/L e um desvio padrão de 4,43 mg/L.

4.1.8 Sódio

O Sódio, representado na figura 15, variou de 9,14 mg/L, (PNE0787) poço localizado em Ponta Negra, a 37,89 (PAJ0180) poço localizado no Bairro de Pajuçara. O valor médio foi de 21,85 e o desvio padrão da ordem de 6,74.

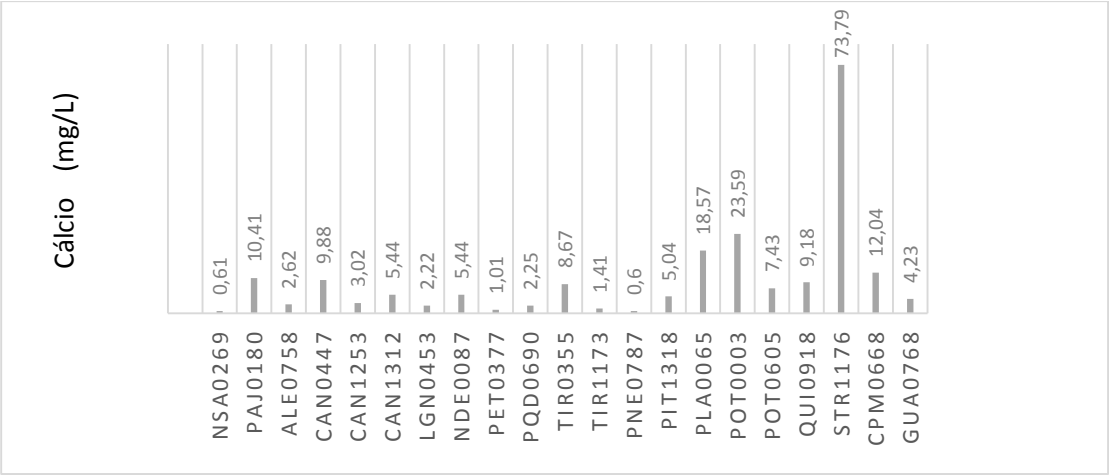


Figura 13 Representação das concentrações de Cálcio Ca (mg/L).

Figura 14 Representação das concentrações de Magnésio Mg (mg/L).

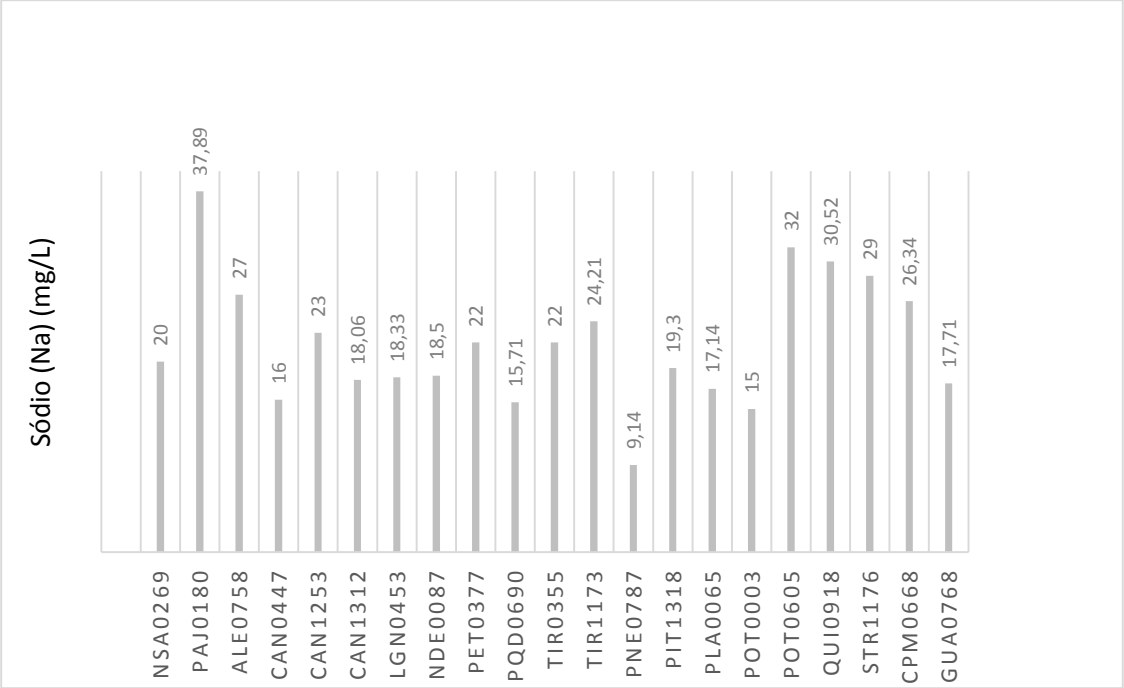


Figura 15 Representação das concentrações de Sódio Na (mg/L).

4.1.9 Potássio (K)

As concentrações de Potássio, representadas na figura 16, variaram de 0,88 mg/L (LGN0453) poço localizado no Bairro de Lagoa Nova a 10,93(QUI0918) poço localizado no Bairro das Quintas. O valor médio foi de 4,06 e um desvio padrão de 2,54.

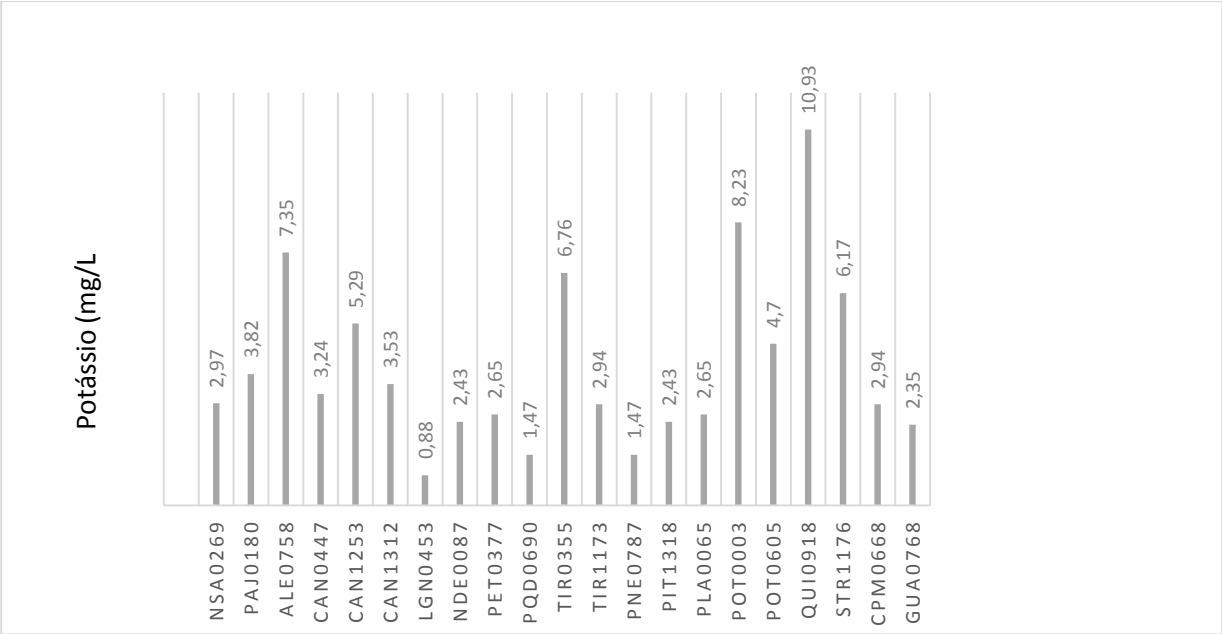


Figura 16 Representação das concentrações de Potássio K (mg/L).

4.1.10 Ferro (Fe)

O Ferro apresentou concentração mínima de 0,03 (ALE0758), poço localizado no Bairro do Alecrim e uma concentração máxima de 1,49 mg/L (POT0605) poço localizado no Bairro de Potilandia, que ficou fora do valor máximo permissível que é de 0,3, conforme a Resolução CONAMA 396/2008. O valor médio foi de 0,12 mg/L com um desvio padrão de 0,31 mg/L.

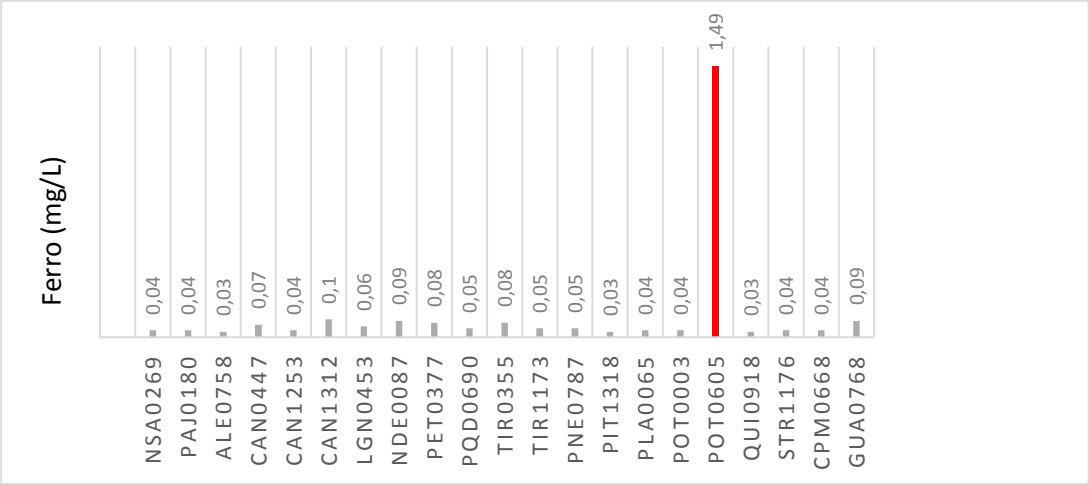


Figura 17 Representação das concentrações de Ferro (mg/L).

4.1.11 Sulfato (SO^{-}_{4})

O Sulfato apresentou concentração mínima de 1,26 mg/L (PLA0065) localizado no Bairro do Planalto e um valor máximo de 90 mg/L (STR1176) no Bairro de Santos Reis. O valor médio é da ordem de 13,29 mg/L e um desvio padrão de 19,21 mg/L.

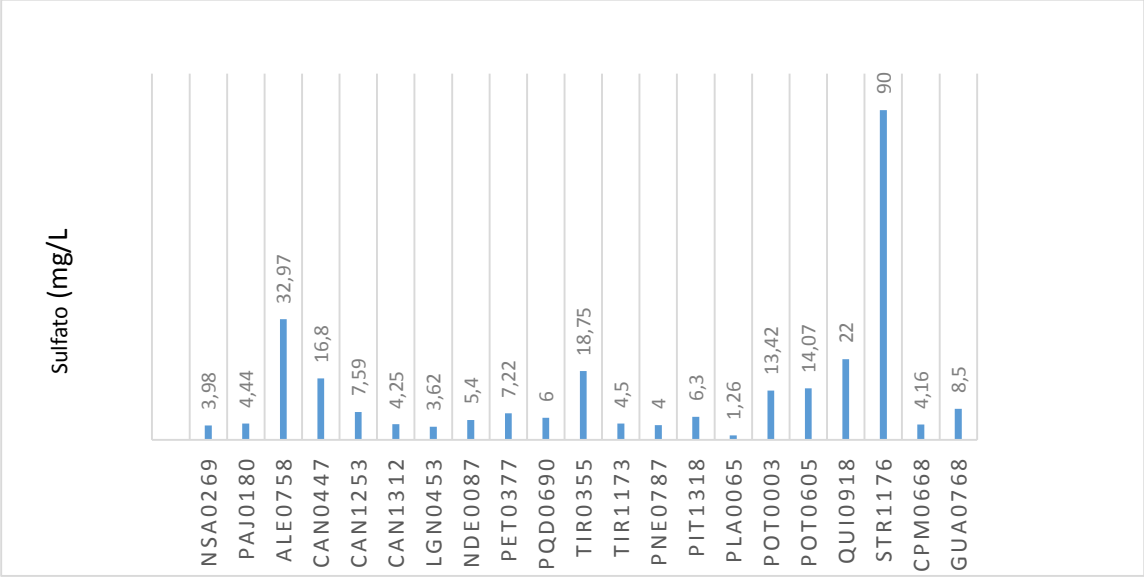


Figura 18 Representação das concentrações de Sulfato (mg/L).

4.2 – Classificação das águas subterrâneas quanto aos Métodos de Piper e Shoeller-Berkaloff

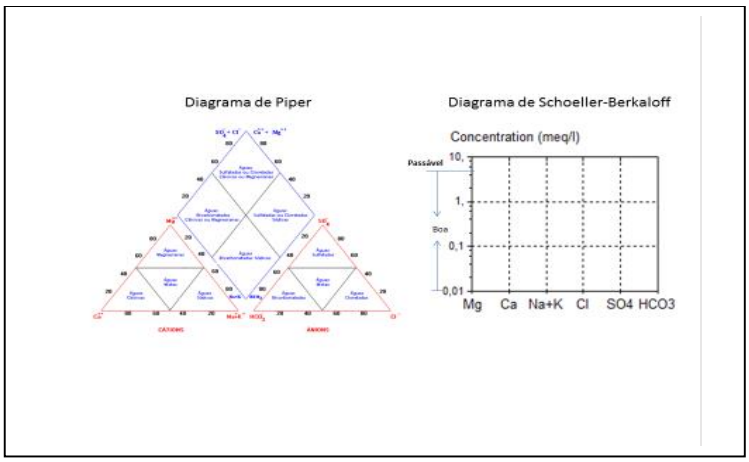
As fácies hidroquímicas são usadas para classificação química das águas subterrâneas, conforme a dominância dos íons. Os íons dominantes são reflexos, principalmente da dinâmica das águas subterrâneas. As águas que se infiltram no solo e nas formações subterrâneas, caracterizadas por baixas velocidades de circulação, ao lixiviar estes materiais, se enriquecem em sais minerais em solução, proporcionando concentrações iônicas superiores às águas superficiais em geral. Os constituintes iônicos compreendem os cátions, representados pelo sódio (Na+), o potássio (K+), o cálcio (Ca++) e o magnésio (Mg++) e os ânions representados pelos cloretos (Cl^{-}), sulfetos (SO 4 -) e os bicarbonatos ($HCO^{-}3$).

A classificação das águas analisadas foi realizada a partir do diagrama de Piper e diagrama de Schoeller-Berkaloff, usando o software Aqcua Chem. Nesse diagrama pode-se distinguir três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais

constituintes iônicos para os cátions e para os ânions, permitindo identificar a fácies hidroquímica. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango define sua posição e classifica a amostra de acordo com suas fácies, figuras 19 a 23. Conforme as fácies identificadas, dentre vinte e uma amostras analisadas, dezesseis tiveram suas águas classificadas como cloretadas sódicas. A amostra do poço PLA0065 foi classificada como bicarbonatada sódica. As amostras dos poços PAR 0118 e TIR 1176 foram classificadas como cloretadas magnesianas e a amostra do STR1176 como bicarbonatada cálcica.

Em relação aos diagramas de Schoeller, ou colunas verticais, estes diagramas possibilitam o traçado de linhas unindo os pontos que representam os valores dos cátions e anions (em meq/L). Por ser usada uma escala logarítmica esse diagrama não permite a observação de detalhes específicos na concentração de cada íon entre diferentes amostras de água, de modo que é útil para observar a relação entre íons associados a inclinação das linhas. Conforme podem ser observados nos diagramas de Schoeller, figuras 19 a 23, a potabilidade das águas dos poços monitorados se classificam como sendo de boa a passável. A amostra do poço PAJ0180 teve parte da linha traçada inserida no campo classificado como água passável, devido ao Na+ K e ao Cl, já amostra do poço QUI0918 teve parte da linha traçada inserida no campo classificado como água passável, devido ao Na+ K. A amostra do poço STR1176 foi classificada totalmente como passável, devido às concentrações de Mg, Ca, Na+K, SO4 e HCO3 se posicionarem no campo denominado como passável.

Figura 19 Esquemas dos Diagramas de Piper e Shoeller-Berkaloff.



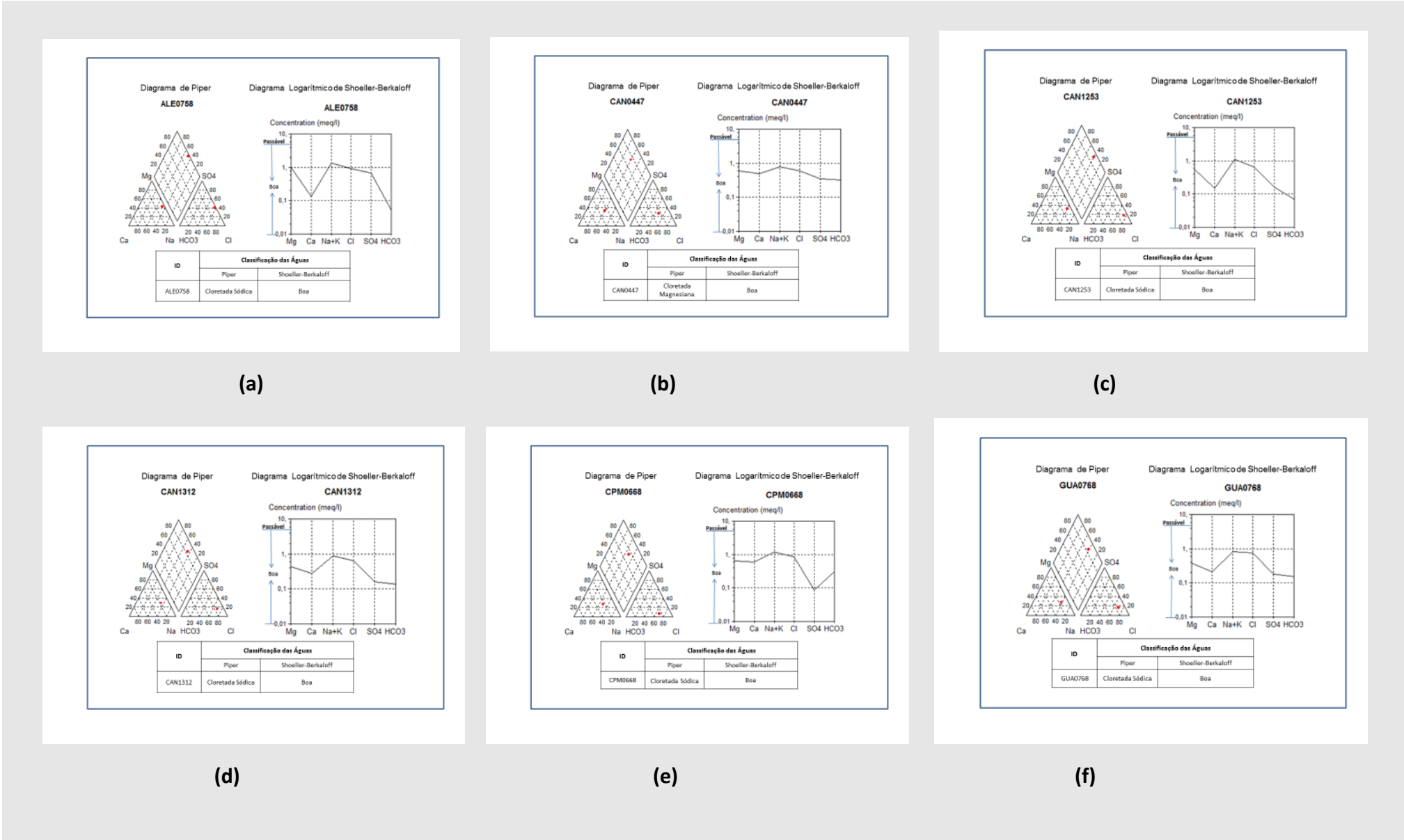


Figura 20 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff.

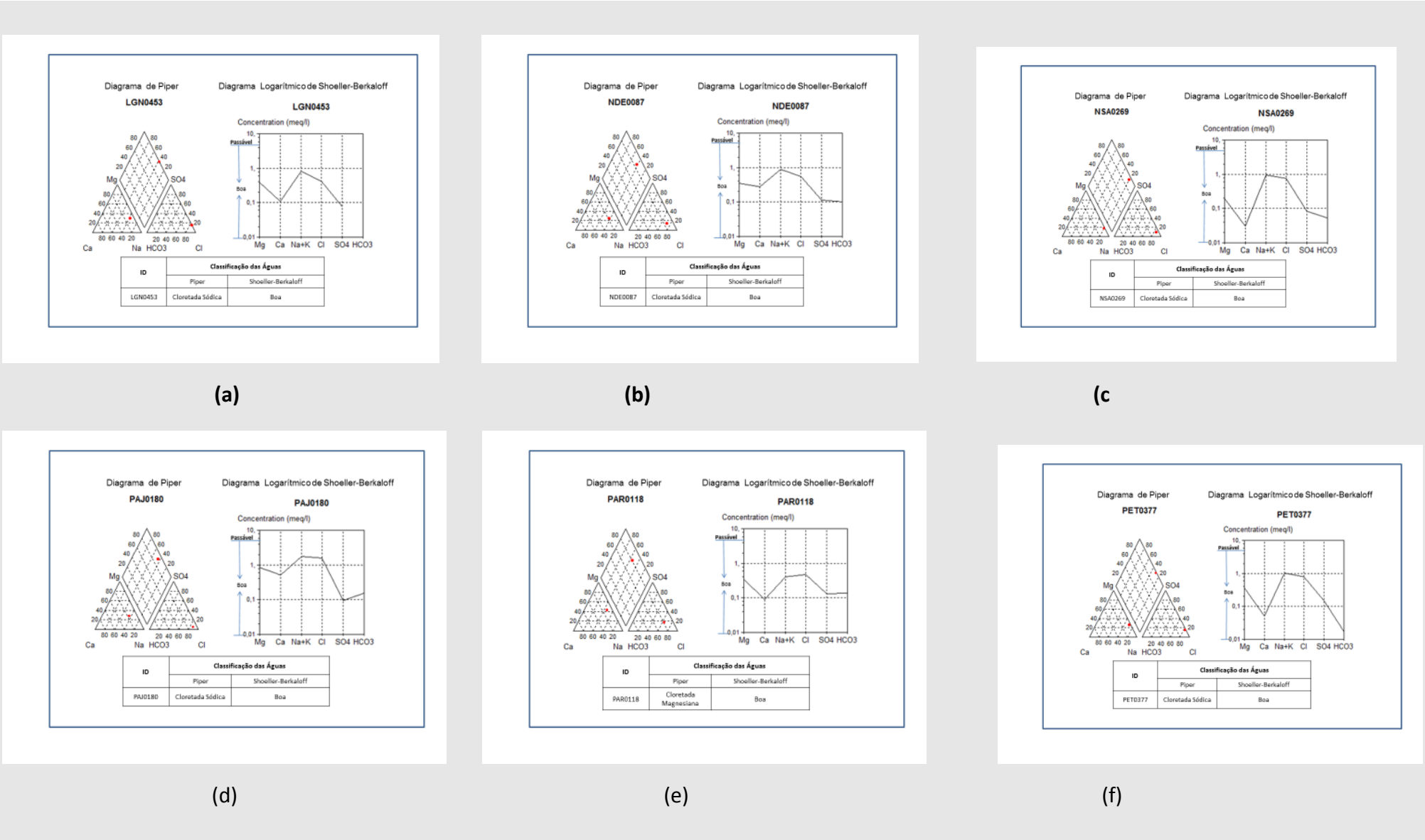
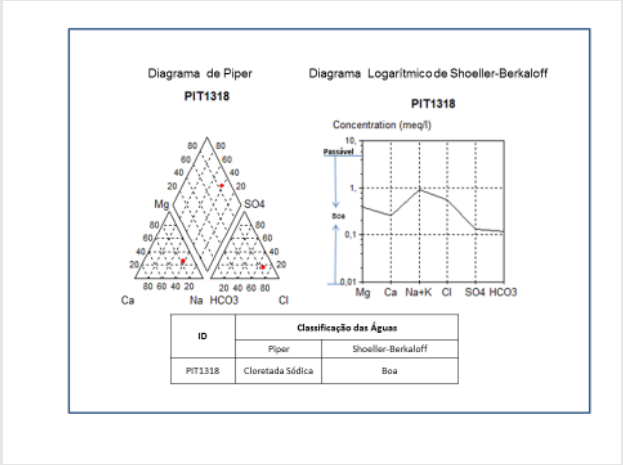
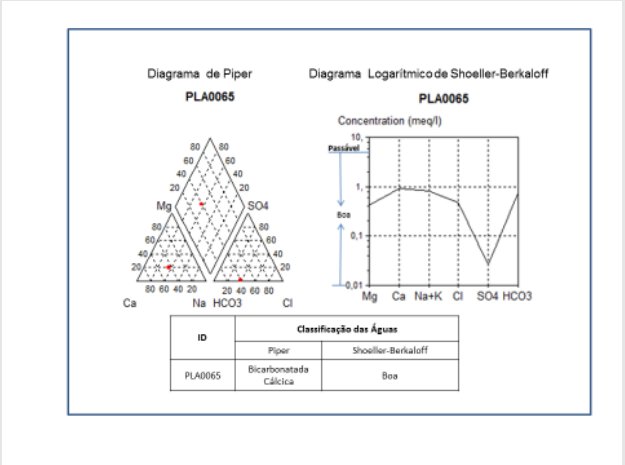


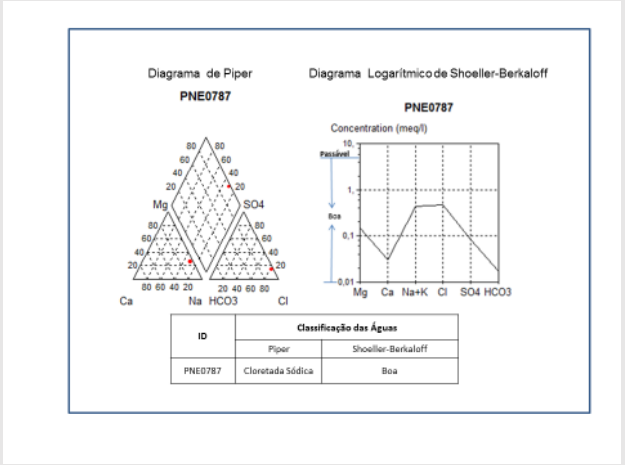
Figura 21 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff.



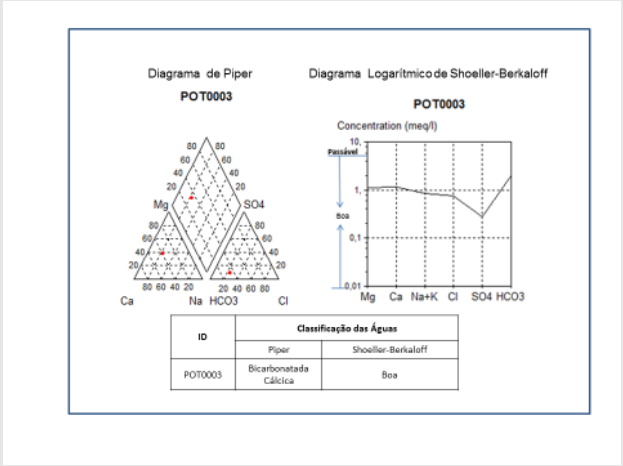
(a)



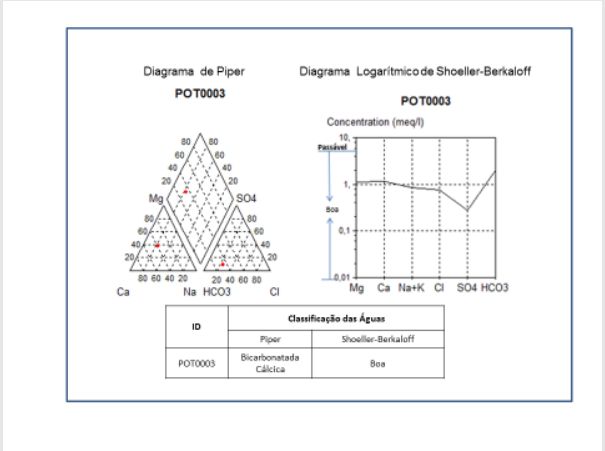
(b)



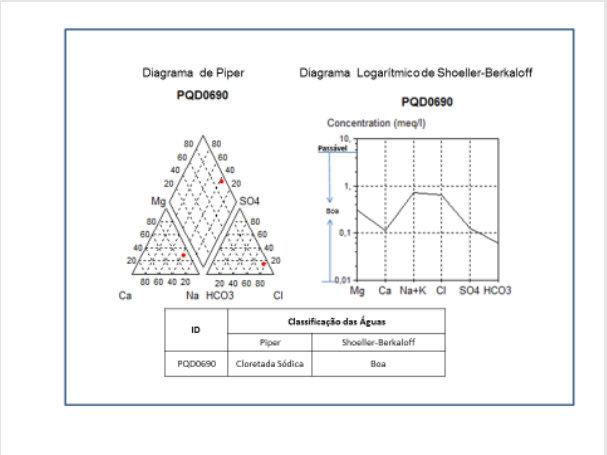
(c)



(d)

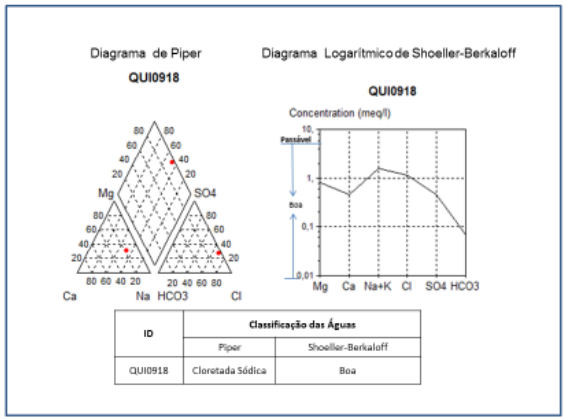


(e)

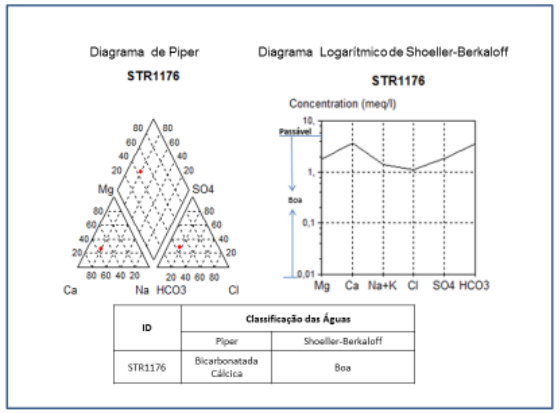


(f)

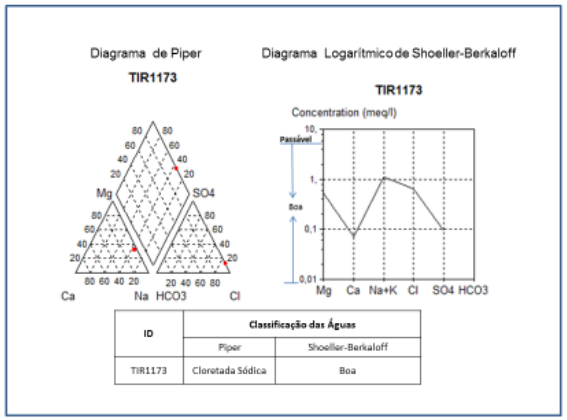
Figura 22 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff.



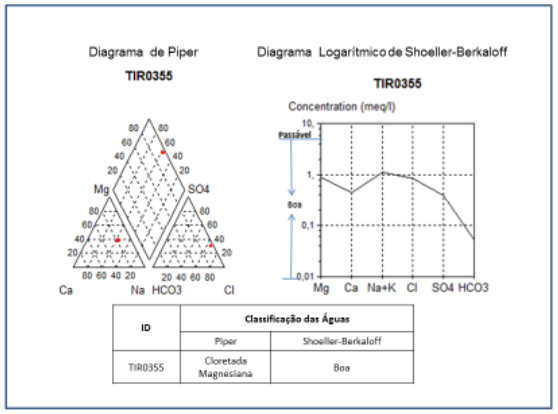
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 23 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff.

4.3 Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Indicadores Biológicos dos Poços Monitorados na Cidade de Natal no Período Outubro a Dezembro/2014

A origem da contaminação das águas por microrganismos patogênicos, advém da poluição por fezes de humanos e de animais, de modo que quando presentes nas águas caracteriza uma degradação desses recursos sinalizada pelo indicador de poluição fecal. Conforme já citado em relatórios anteriores o principal microrganismo do grupo dos coliformes termotolerantes é Escherichia coli, o qual tem importância tanto como indicador de contaminação fecal recente, quanto pelo potencial patogênico de alguns de seus patotipos, como O157:H7, que tem sido responsável por surtos de infecção em todo o mundo, relacionado prioritariamente aos alimentos contaminados por fezes humanas ou animais.

De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008, a água utilizada para beber e preparar alimentos deve ser isenta de microrganismos patogênicos. Diante dessa preconização, verificou-se que dentre os 17 poços monitorados, na cidade de Natal, durante a campanha de Outubro a Dezembro/2014, apenas cinco poços apresentaram indicação de ausência de coliformes totais e termotolerantes, localizados nos Bairros de Lagoa Nova, Capim Macio, Guarapes, Planalto e Parque das Dunas. Os doze poços que estão em desconformidades com relação aos indicadores microbiológicos, na campanha de outubro a dezembro de 2014, estão localizados nos bairros de Candelária, Potilandia, Nova Descoberta, Pajuçara, Quintas, Petrópolis e Tirol, tabela 05.

ID	Coliformes Totais (UFCE/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (UFC/100 mL)	Bacia Hidrográfica/Aquifero
VMP*	Ausente	Ausente	
CAN0447	46,00	32	BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras
CAN1312	210,00	84	
TIR0355	140,00	85	
TIR1173	170,00	28	
QUI0918	$6,4*10^3$	2700	
NDE0087	$6,4*10^3$	4500	
PET0377	220,00	74	
PIT1318	64,00	56	BH Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras
PNE0787	$2,5*10^3$	126	
POT0003	$8,0*10^3$	6800	
POT0605	$4,1*10^3$	64	
PAJ0180	$6,8*10^3$	2300	BH Rio Doce/Aquif. Dunas/Barreiras
CPM0668	Ausente	0	BH Rio Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras
GUA0768	Ausente	0	
PLA0065	Ausente	0	
LGN0453	Ausente	0	BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras
PQD0690	Ausente	0	

Tabela 5 Resumo dos parâmetros biológicos

4.4 - Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Compostos BETEX na Cidade de Natal no Período Outubro a Dezembro/2014

Segundo Tiburtius et al (2004) os hidrocarbonetos aromáticos, dentre os quais se destacam Benzeno, Tolueno e Xileno são considerados como o maior problema da contaminação por gasolina. Estudos realizados por Brito et al (2005) destacam que os compostos aromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) e outros alquilbenzenos perfazem cerca de 10 a 59% da gasolina (massa/massa) enquanto os hidrocarbonetos alifáticos compreendem 41 a 62%. Destacam, ainda, que os hidrocarbonetos aromáticos são geralmente mais tóxicos que os compostos alifáticos com o mesmo número de carbonos e possuem maior mobilidade em água, característica que pode ser representada significativamente pelo menor coeficiente de partição octanol-água. Um menor coeficiente de partição implica em uma lenta absorção no solo e um transporte preferencial via água. As investigações científicas demonstram que os compostos BTEXs são extremamente tóxicos à saúde humana e mesmo em pequenas concentrações apresentam toxicidade crônica. Dentre os compostos Betexs o benzeno é destacado como o mais tóxico, tendo em vista que se trata de uma substância carcinogênica. A legislação que trata destes compostos tem se tornado cada vez mais restritiva. A agência de proteção ambiental norte-americana (EPA), por exemplo, estabelece os limites máximos para a concentração de benzeno em 5µg/L em água potável. No Brasil, a Portaria 2914/2011, determina os limites máximos e a Resolução CONAMA 396/2008 adotou esses limites estabelecidos, em que o benzeno, tolueno e xilenos são de 5, 170 e 300µg/L, respectivamente para que a água seja considerada potável.

De acordo com os resultados obtidos na campanha de monitoramento no período de Outubro a Dezembro de 2014 nenhum dos poços monitorados apresentaram desconformidades com a norma legal, tabela 06. No entanto, se faz necessário uma investigação sobre as possíveis áreas com remediações de sites contaminados por hidrocarbonetos, no sentido de verificar se existe algum poço da rede de monitoramento próximo a alguns destes sites. Caso não exista, sugere-se uma reavaliação dos pontos de amostragem, no sentido de incluir ou mudar alguns desses pontos para as proximidades destes sites

Tabela 6 Resumo dos resultados das análises sobre os compostos BETEXs no período de outubro a dezembro de 2014.

ID	Bacia Hidrográfica/Aquífero	Compostos Betex VMP (µ/L) Valor Máximo permissível para água subterrâneas, conforme Resolução CONAMA 396/2008			
		Benzeno VMP = 5,0 µ/L	Etilbenzeno VMP = 200 µ/L	Tolueno VMP = 170 µ/L	Xileno Total VMP = 300 µ/L
NSA0269	BH Rio Doce/Aquif. Dunas/Barreiras	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L
PAJ0180					
ALE0758	BH Faixa Leste Escoamento Difuso/Aquif. Dunas/Barreiras	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L
CAN0447					
CAN1253					
CAN1312					
LGN0453					
NDE0087					
PET0377					
PQD0690					
TIR0355					
TIR1173					
PNE0787	BH Potengi/Aquif. Dunas/Barreiras	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L	LD = 0,33 µ/L LQ = 1,00 µ/L
PIT1318					
PLA0065					
POT0003					
POT0605					
QUI0918					
STR1176					
CPM0668					
GUA0768					

4.5 - Apresentação e Discussão dos Resultados, Relacionados aos Demais Municípios da Região Metropolitana de Natal - Campanha de Setembro/2014.

A campanha de Setembro/2014 compreendeu um total de 09 poços tubulares distribuídos da seguinte forma: 02 poços em Nísia Floresta, 01 poço em São José do Mipibu, 02 poços em Parnamirim, 01 poço em Macaíba, 02 poços em Ceará Mirim e 01 poço em Extremoz, Figura 34 e Anexo 2. Destaca-se o fato de que os poços dos municípios de Extremoz e Macaíba não foram mostrados em mapa, por não dispor das coordenadas geográficas. Os resultados das análises físico-químicas e biológicas estão apresentados naTabela 0

Tabela 7 Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas dos poços tubulares de alguns dos demais municípios da Região Metropolitana de Natal, campanha de Setembro/2014.

ID	Município	Bacia Hidrográfica/Aquífero	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)	Nitrito (expresso em N) (mg/L)	Nitrato (expresso em N) (mg/L)	STD (mg/L)	Coliformes termotolerântes (UFC/100 mL)
VMP*			-	-	200	-	0,3	250	250	-	1	10	1000	0
CMI0809	Ceará-Mirim	BHCeará Mirim/Aq.Barreiras	1,84	1,61	63,16	4,32	0,47	31,61	26,5	84,36	0	0,57	60,08	10
CMI0009	Ceará-Mirim		78,58	48,9	125	12,16	0,02	93,94	251,79	190,6	0	17,91	886,4	34
EXT0001	Extremoz	BHRio Doce/Aq.Dunas/Barreiras	4,29	6,81	28,33	6,76	0,03	9,51	33,13	14,1	0	8,96	123,07	30
MAC0001	Macaíba	BHPotengi/Barreiras	3,47	3,34	11,18	1,89	0,07	7,51	21,54	3,65	0	1,23	59,99	12
NFL0001	Nísia Floresta	BH Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso Difuso/Aq.Dunas/Barreiras	4,29	4,83	27,5	6,49	0,04	12,66	48,04	11,46	0	0,88	139,54	0
NFL0007	Nísia Floresta		9,59	5,32	23,33	4,05	0,03	5,23	29,82	31,25	0	6,78	129,65	0
SJM0052	São José do Mipibu		5,92	9,78	31,67	7,29	0,03	6	48,04	4,17	0,03	13,84	218,14	2
PNM0005	Parnamirim	BH Pirangi/Aq. Dunas/Barreiras	7,96	5,08	20,83	4,59	0,05	4,82	26,5	8,33	0	10,8	140,35	3800
PNM0001	Parnamirim		5,92	3,1	13,53	4,32	0,08	6,08	21,54	4,67	0	4,92	77,14	16

4.4.1 – Resultados das Concentrações de N(NO^-_3) (mg/L) nos poços monitorados na campanha de Setembro/2014.

No que se refere às concentração do N(NO-3,) nos nove poços monitorados em setembro/2014, três apresentaram valores acima do limite permissível estabelecido pela Resolução 396/2008. O poço CMI0809, localizado em Ceará Mirim que apresentou 17,91 mg/L, o PNM0005 que apresentou uma concentração de 10,8 mg/L e o SJM 052 que apresentou 13,84 mg/L de N(NO-3). Os demais poços tubulares apresentaram concentrações que variaram em ter um valor mínimo de 0,57 mg/L a 8,96, figura 24.

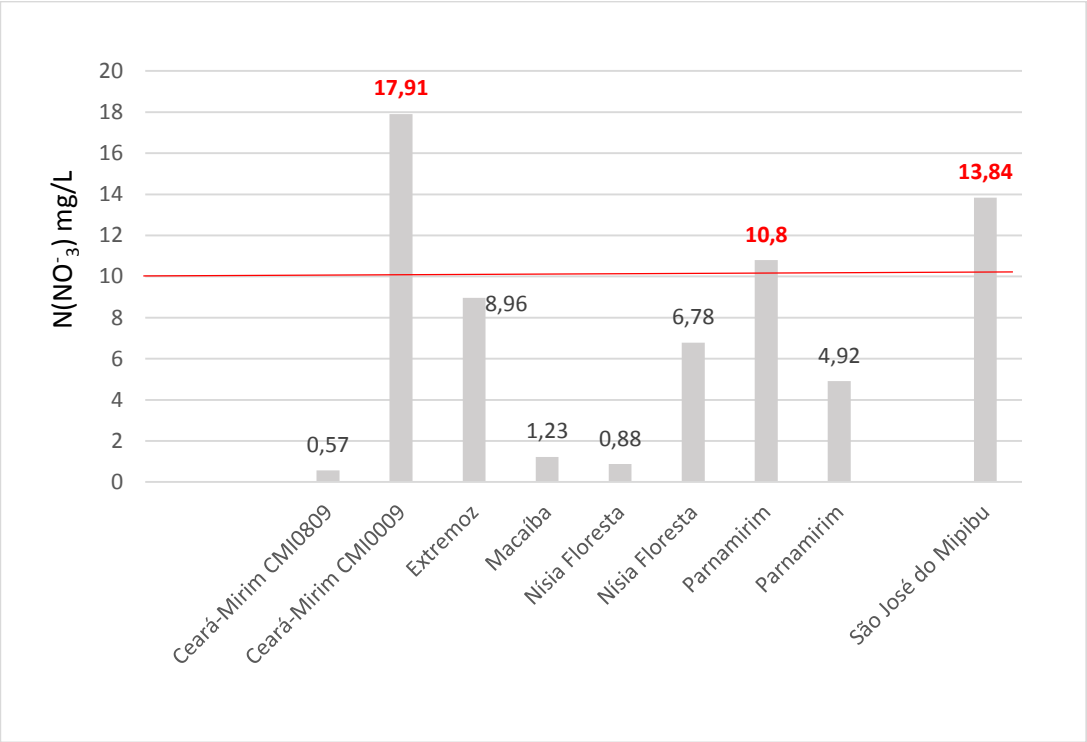


Figura 24 Representação das Concentrações de N (NO-3) mg/L, Setembro/2014.

Limite máximo, conforme Resolução CONAMA 396/2008

Quadro 02 – Classificação das águas dos poços monitorados, conforme a Resolução CONAMA 396/2008 nos anos de 2005 e 2014.

Poços	Classificação das águas segundo a Res. 396/2008 para teores de nitrato
CMI0809	
CMI0009	
EXT0001	
MAC0001	
NFL0001	
NFL0007	
PNM0005	
SJM0052	

LEGENDA

CMI – Ceará Mirim

EXT – Extremoz

NFL – Nísia Floresta

PNM – Parnamirim

SJM – São José do Mipibu

Classificação, segundo a Resolução CONAMA 396/2008

Classe 1

Classe 3

4.5 – Discussão dos Resultados relacionados aos principais Cátions (Ca^{2+} Mg^{2+} K^{+} Na^{+}) e Aníons (Cl^{-} SO^{2-}_{4} $CaCO^{-}_{3}$), STD, Condutividade Elétrica e pH - Campanha de Setembro/2014

4.5.1 – Poços Localizados no Município de Ceará Mirim – Bacia Hidrográfica do rio Ceará Mirim- Aquíferos Barreiras ou Jandaíra

No que se referem as discussões dos resultados das análises químicas, realizadas em dois poços tubulares no município de Ceará Mirim verificou-se que o poço CMI009 apresenta concentrações mais elevadas para todos os Cátions (Ca^{2+} Mg^{2+} K^{+} Na^{+}) e Aníons (Cl^{-} SO^{2-}_{4} $CaCO^{-}_{3}$) . O valor da concentração de cálcio, no poço CMI009, por exemplo, apresenta-se quarenta e três vezes maior (78,58 mg/L) que no poço CMI0809 (1,84 mg/L), conforme pode ser visto na tabela 08 e figura 25. Possivelmente, a profundidade do poço CMI009 atingiu sedimentos transicionais entre o arenito Barreiras e o calcário da formação Jandaíra, ou atingiu o próprio calcário. Já a assinatura da água coletada no poço CMI0809 sugere que a profundidade desse poço tenha atingido apenas o aquífero Barreiras. O Cálcio representa um dos principais elementos responsáveis pela dureza nas águas, a dureza da água, por sua vez, refere-se à concentração total de íons alcalino-terrosos na água, especialmente de cálcio (Ca2+) e magnésio (Mg2+), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalinoterrosos encontrados em águas naturais. Os STD é a soma de todos os íons dissolvidos na água. O teor de sais em águas subterrâneas depende de sua origem,

da dinâmica dos fluxos, da composição das rochas em que a água de encontra em contato e da facilidade de dissolução desses materiais. A tabela 09 e a figura 26 demonstram o reflexo das elevadas concentrações dos íons no comportamento dos sólidos totais dissolvidos e da condutividade elétrica referentes ao poço CMI0009. A figura 27, demonstra a comparação, do comportamento da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos, entre os poços monitorados no município de Ceará Mirim e alguns dos demais municípios da RMN.

Comparando os valores obtidos com os valores máximos permissíveis estabelecidos na Resolução CONAMA 396/2008, tabelas 07 e 08, verifica-se que, dentre os íons principais, o Cloreto (251,79) ultrapassou o limite da Resolução, que é de 250 mg/L. Outras investigações a serem realizadas diz respeito à identificação da presença de uma(s) fonte(s) de contaminação que esteja potencializando as concentrações do íon nitrato, tendo em vista que o valor da concentração do N(NO-3) foi de 17,91 mg/L no CMI0809, ou seja: 31 vezes maior que no CMI009, que foi de 0,57 mg/L.

Tabela 8 Resultados das análises químicas dos poços CMI0809 e CMI0009.

ID	**Município**	**Cálcio**	**Magnésio**	**Sódio**	**Potássio**	**Sulfato**	**Cloreto**	**Alcalinidade Bicarbonato**
VMP* (Resolução CONAMA 396/2008)		0,1	200	-	-	250	250	-
CMI0809	Ceará-Mirim	1,84	1,61	63,16	4,32	31,61	26,5	84,36
CMI0009	Ceará-Mirim	78,58	48,9	125	12,16	93,94	*251,79	190,6
Quantas vezes CMI0009 **>** CMI0809?		43,00	30,37	1,979	2,81	2,97	9,50	2,25

Tabela 9 Comportamento dos Sólidos Totais Dissolvidos, pH e Condutividade Elétrica nos poços CMI0809 e CMI0009.

ID	Município	STD (mg/L)	N(NO-3) (mg/L)	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)
CMI0809	Ceará-Mirim	60,08	0,57	7,50	88,35
CMI0009	Ceará-Mirim	886,4	17,91	7,30	1371,00
Quantas vezes CMI0009 > CMI0809?		14,75	31,0	0,97	15,52
VMP*		1000	10,0	-	-

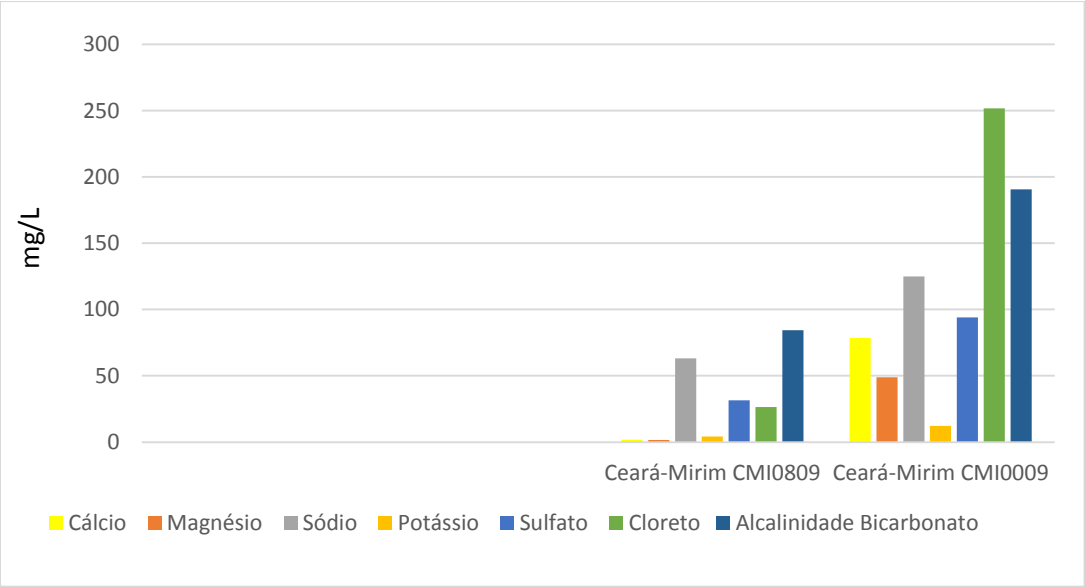


Figura 25 - Representação das Concentrações Cátions (Ca2+ Mg2+ K+ Na+) e Aníons (Cl- SO2-4 CaCO-3) Setembro/2014.

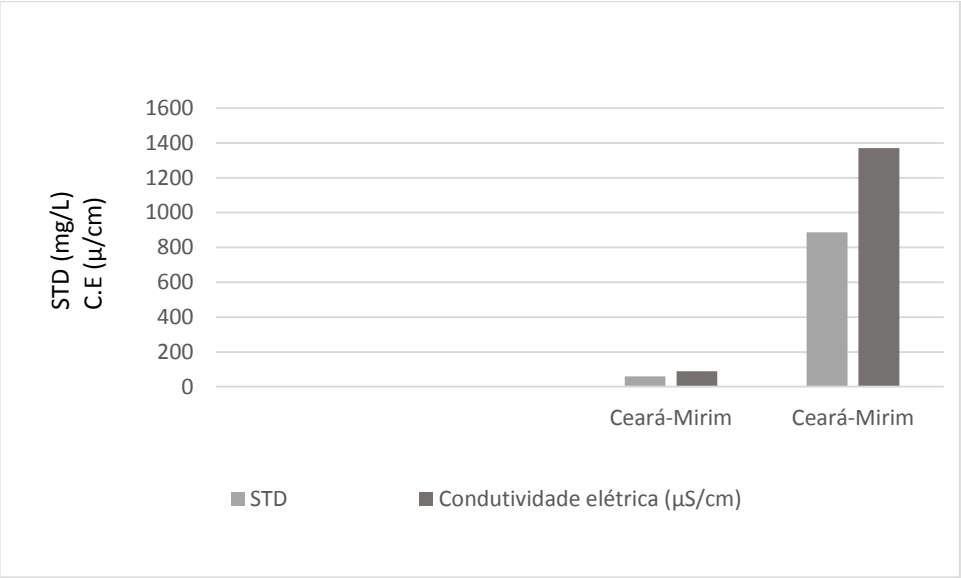


Figura 26 Representação da Condutividade Elétrica e dos Sólidos Totais Dissolvidos nos poços CMI0809 e CMI0009. Campanha d Setembro/2014.

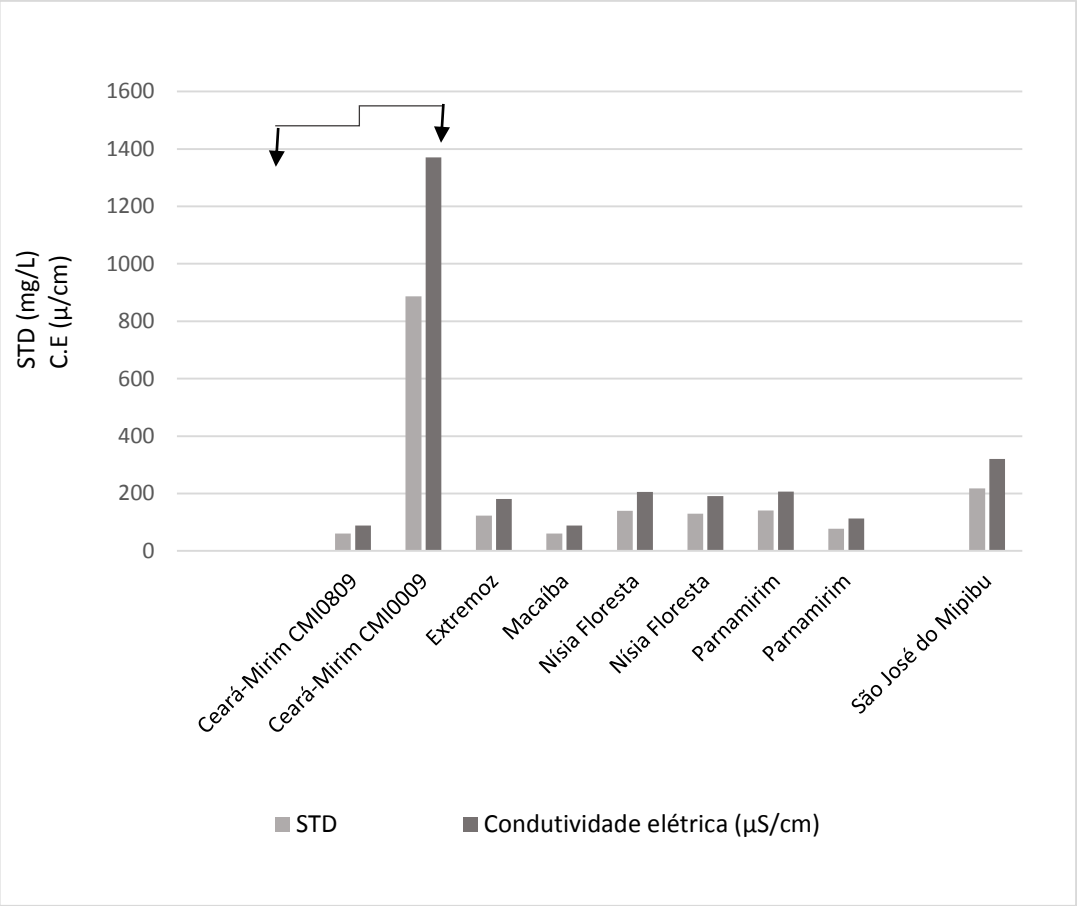


Figura 27 Comparação entre os valores de C.E e STD dos poços do município de Ceará Mirim e de alguns dos demais municípios da RMN.

4.5.2 – Poço localizado no Município de Extremoz - Bacia Hidrográfica do Rio Doce e no Aquífero Barreiras

Os resultados das análises químicas do poço monitorado em Extremoz, mostram que os parâmetros analisados se apresentam em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008, conforme a tabela 10. Alerta-se, no entanto, para o fato de que, nesse poço, o nitrato já apresenta um valor que se aproxima do limite permissível estabelecido pela Resolução. É importante destacar que essa situação de conformidade, dos parâmetros com o estabelecido na Resolução CONAMA 396/2008, diz respeito a um ponto em toda uma extensão territorial do município, como também da bacia hidrográfica do rio Doce. Estudos anteriores que envolveram toda a bacia hidrográfica do rio Doce, demonstram que existem vários poços com concentrações de nitrato acima do valor máximo permitido.

Tabela 10 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons no poço de Extremoz.

ID	Município	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)
EXT0001	Extremoz	4,29	6,81	28,33	6,76	0,03	9,51	33,13	8,96	14,1
VMP*		-	-	200	-	0,3	250	250	10	-

Tabela 11 Resultados da análise realizados no Poço de Extremoz

ID	Município	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	STD (mg/L)	pH	C.E (µS/cm)
EXT0001	Extremoz	0	8,96	123,07	5,70	180,98
VMP*		1	10	1000		

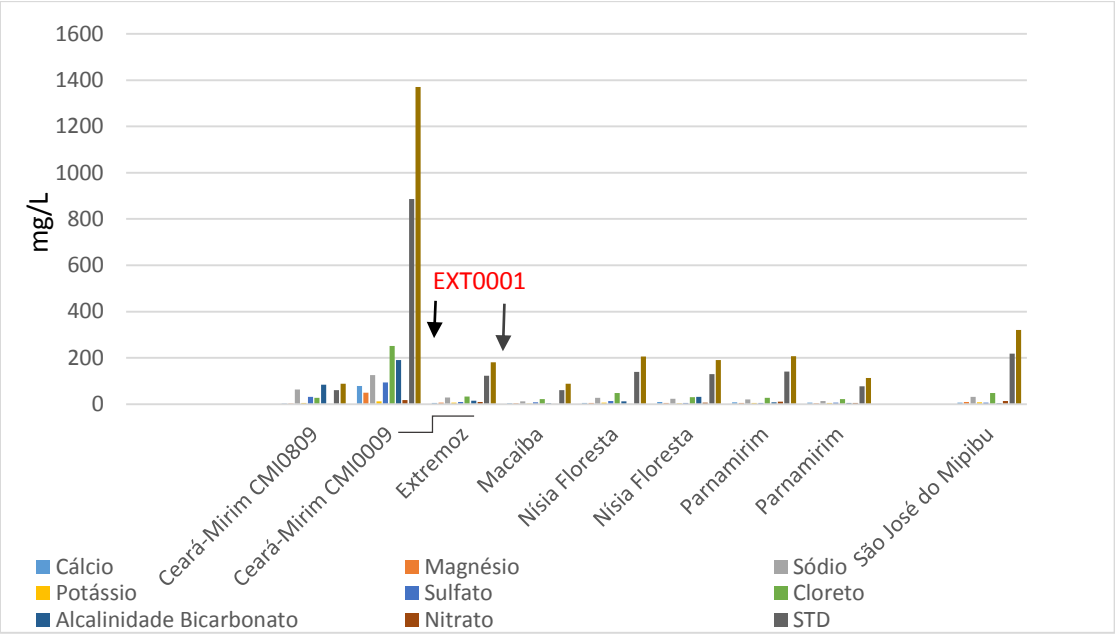


Figura 28 Destaque do comportamento dos parâmetros monitorados no Poço EXT0001.

4.5.3 – Poço localizado no Município de Macaíba - Bacia Hidrográfica do Rio Potengi e no Aquífero Barreiras

Os resultados das análises químicas do poço monitorado no município de Macaíba (MAC0001), igualmente ao poço de Extremoz, mostram que os parâmetros analisados se apresentam em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008, conforme as tabelas 12, 13 e figura 29. Destaca-se o fato de que, diferentemente do poço de Extremoz e da maioria dos poços monitorados em Natal, nesse poço o N(NO-3) apresenta um valor de 1,23 mg/L, bem abaixo do limite permissível que é de 10 mg/L N(NO-3). No entanto, vale ressaltar que se trata de uma amostra em um determinado ponto, por toda uma extensão territorial, do município.

Tabela 12 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons no poço de Macaiba.

ID	Município	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)
MAC0001	Macaíba	3,47	3,34	11,18	1,89	7,51	21,54	3,65
VMP*		-	-	200	-	250	250	-

Tabela 13 Resultados da análise realizada no Poço de Macaíba

ID	Município	Nitrato (mg/L)	STD (mg/L)	pH	C. E (µS/cm)
MAC0001	Macaíba	1,23	59,99	5,70	88,23
VMP*		10	1000		

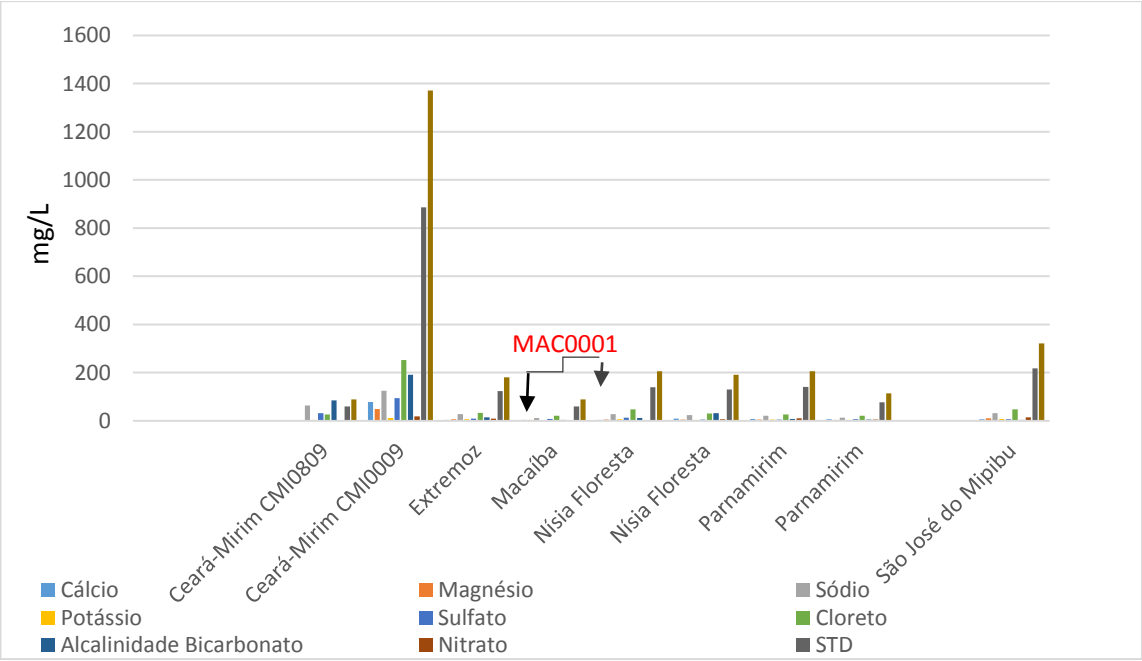


Figura 29 Destaque do comportamento dos parâmetros monitorados no Poço MAC0001, em um contexto dos demais poços dos outros municípios.

4.5.4 – Poços localizados no Município de Nísia Floreta - Bacia Hidrográfica Leste de Escoamento Difuso - Aquífero Barreiras

Os resultados das análises químicas dos dois poços monitorados no município de Nísia Floresta, mostram que os parâmetros analisados se apresentam em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008, conforme as tabelas 14 e 15 e figura 30. Observa-se que um dos poços o NFL

0001 apresenta uma concentração de N(NO-3) muito abaixo do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008. Porém, no poço EXT 0007 foi detectado um valor da ordem de 6,78 para o N(NO-3). É importante destacar que essa situação de conformidade, dos parâmetros com o estabelecido na Resolução CONAMA 396/2008, diz respeito a dois pontos em toda uma extensão territorial do município. Estudos anteriores que envolveram toda a respectiva e o munícipio demonstram que existem outros poços com concentrações de nitrato acima do valor máximo permitido.

Tabela 14 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons no poço de Nísia Floresta/RN.

ID	Município	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)
NFL0001	Nísia Floresta	4,29	4,83	27,5	6,49	12,66	48,04	11,46
NFL0007	Nísia Floresta	9,59	5,32	23,33	4,05	5,23	29,82	31,25
VMP*		-	-	200	-	250	250	-

Tabela 15 Resultados das análises realizadas nos Poços de Nísia Floresta/RN.

ID	Município	Nitrato (mg/L)	STD (mg/L)	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)
NFL0001	Nísia Floresta	0,88	139,54	5,90	205,20
NFL0007	Nísia Floresta	6,78	129,65	6,20	190,67
VMP*		10	1000		

4.5.5 – Poços localizados no Município de Parnamirim/RN- Bacia Hidrográfica do rio Pirangi- Aquífero Barreiras

Os resultados das análises químicas dos dois poços (PNM001 e PNM0005) monitorados no município de Parnamirim, mostram que os principais íons analisados, tabela 16, se apresentam em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008. No que se refere ao nitrato, observa-se que o PNM0005 apresenta uma concentração de N(NO-3) de 10,8 mg/L, tabela 17, acima do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008. Porém, no PNM0001 foi detectado um valor da ordem de 4,92 mg/L para o N (NO-3). É importante destacar que estas situações de

conformidade, e não conformidade dos parâmetros com o estabelecido na Resolução CONAMA 396/2008, diz respeito a dois pontos em toda uma extensão territorial do município.

Tabela 16 Resultados das análises químicas em relação aos principais íons nos poços de Parnamirim/RN.

ID	Município	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Alcalinidade Bicarbonato (mg/L)
PNM0005	Parnamirim	7,96	5,08	20,83	4,59	0,05	4,82	26,5	8,33
PNM0001	Parnamirim	5,92	3,1	13,53	4,32	0,08	6,08	21,54	4,67
VMP*		-	-	200	-	0,3	250	250	-

Tabela 17 Resultados das análises realizadas nos Poços de Parnamirim/RN.

ID	Município	Nitrato	STD	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)
PNM0005	Parnamirim	10,8	140,35	5,50	206,40
PNM0001	Parnamirim	4,92	77,14	5,7	113,44
VMP*		10	1000		

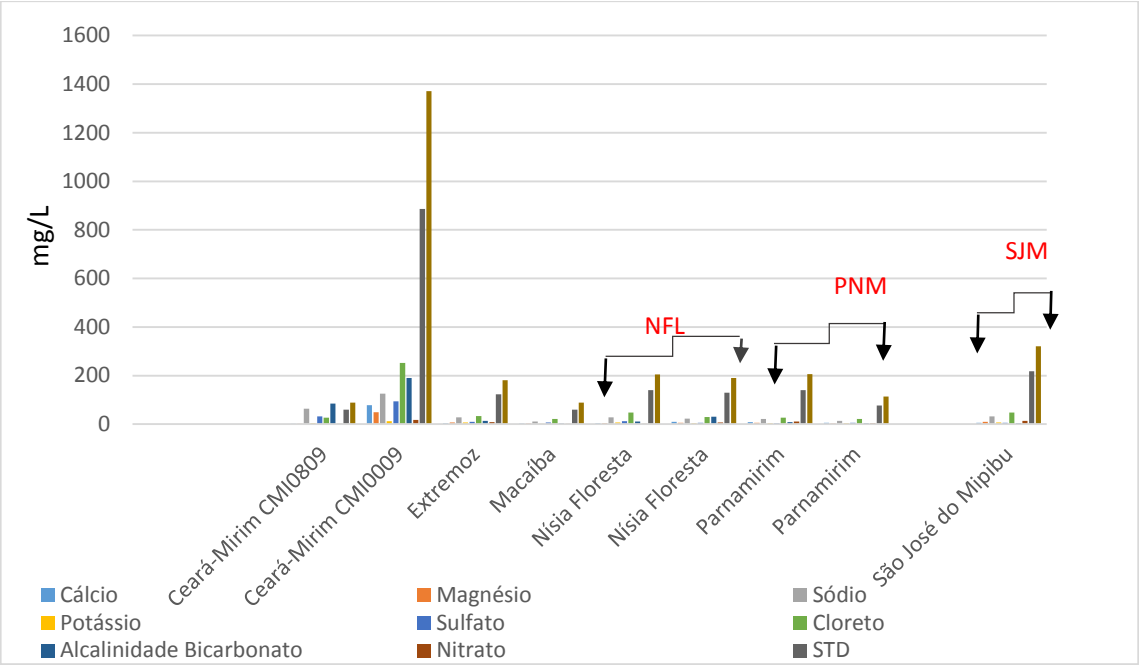


Figura 30 Destaque do comportamento dos parâmetros monitorados nos Poços em um contexto dos demais poços dos outros municípios

4.5.6 – Poço localizado no Município de São José do Mipibu - Bacia Hidrográfica Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso - Aquífero Barreiras

Os resultados das análises químicas do poço, SJM0052, monitorados no município de Parnamirim, mostra que os principais íons analisados, tabela 18 e figura 30, se apresentam em conformidade com a Resolução CONAMA 396/2008. No que se refere ao nitrato, observa-se que o SJM0052 apresenta uma concentração de N (NO-3) de 13,84 mg/L, acima do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, tabela 19. É importante destacar que estas situações de conformidade e não conformidade dos parâmetros em relação ao estabelecido na Resolução CONAMA 396/2008, diz respeito a um único ponto em toda uma extensão territorial do município.

Tabela 18 Resultado da análise química em relação aos principais íons no poço de São José do Mipibu/RN

ID	Município	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Sulfato	Cloreto	Alcalinidade Bicarbonato
SJM0052	São José do Mipibu	5,92	9,78	31,67	7,29	6	48,04	4,17
VMP*		-	-	200	-	250	250	-

Tabela 19 Resultados das análises realizadas nos Poços de Parnamirim/RN.

ID	Município	Nitrato	STD	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)
SJM0052	São José do Mipibu	13,84	218,14	320,80	320,80
VMP*		10	1000		

4.6 - Apresentação e Discussão dos Resultados Relacionados aos Indicadores Biológicos dos Poços Monitorados nos demais municípios da RMN em Setembro/2014

De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008, a água utilizada para beber e preparar alimentos deve ser isenta de microrganismos patogênicos. Diante dessa preconização, verificou-se que dos 09 poços monitorados, nos demais municípios da RMN, apenas 01 poço apresentou ausência de coliformes totais e termotelerantes, que foi o NFL0001, localizado em Nísia Floresta, tabela 20.

Tabela 20 Resumo dos parâmetros biológicos

ID	Municípios	Bacia Hidrográfica/Aquífero	Coliformes Totais (UFCE/100 mL)	Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)
VMP*			Ausente	Ausente
CMI0809	Ceará-Mirim	BH do Rio Ceará Mirim/Aq.Barreiras	15	10
CMI0009	Ceará-Mirim		38	34
EXT0001	Extremoz	BH do Rio Doce/Aq.Dunas/Barreiras	36	30
MAC0001	Macaíba	BH do Rio Potengi/Barreiras	32	12
NFL0001	Nísia Floresta	BH Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso/Aq.Dunas/Barreiras	0	0
NFL0007	Nísia Floresta		2300	0
PNM0005	Parnamirim	BH Pirangi/Aq. Dunas/Barreiras	5000	3800
PNM0001	Parnamirim		20	16
SJM0052	São José do Mipibu	BH Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso/Aq.Dunas/Barreiras	4100	2

VMP* - Valor Máximo Permissível, conforme Resolução 396/2008

4.7 – Classificação das águas subterrâneas quanto aos Métodos de Piper e Shoeller-Berkaloff

A classificação das águas analisadas foi realizada a partir do diagrama de Piper e diagrama de Schoeller-Berkaloff, usando o software Aqcua Chem. Nesse diagrama, pode-se distinguir três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para os cátions e para os ânions, permitindo identificar a fácies hidroquímica. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango define sua posição e classifica a amostra de acordo com suas fácies, figuras 31 a 33. Conforme as fácies identificadas, dentre nove poços analisados, sete tiveram suas águas classificadas como cloretadas sódicas. A amostra do poço CMI0804 foi classificada como bicabornatada sódica e a amostra do poço CMI0009 foi classificada como cloretada magnesiana.

Em relação aos diagramas de Schoeller, ou colunas verticais, estes diagramas possibilitam o traçado de linhas unindo os pontos que representam os valores dos cátions e anions (em meq/L). Por ser usada uma escala logarítmica esse diagrama não permite a observação de detalhes específicos na concentração de cada íon entre diferentes amostras de água, de modo que é útil para observar a relação entre íons associados a inclinação das linhas. Conforme podem ser observados nos diagramas de Schoeller, figuras 32 a 33, a potabilidade das águas dos poços monitorados se classificam como sendo de boa a passável. A amostra do poço CMI0809 teve parte da linha traçada inserida no campo classificado como água passável, devido ao Na+ K e ao HCO3, já a amostra do poço CMI0009 foi totalmente classificada como passável, devido às concentrações de Mg, Ca, Na+K, SO4 e HCO3 se posicionarem no campo denominado de passável. As amostras dos poços NFL 0001 e SJM0052 teve parte da linha inserida no campo classificado de passável devido ao Na+K e Cl.

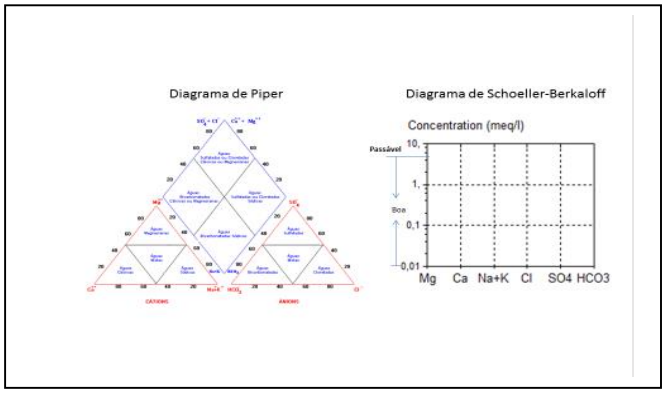
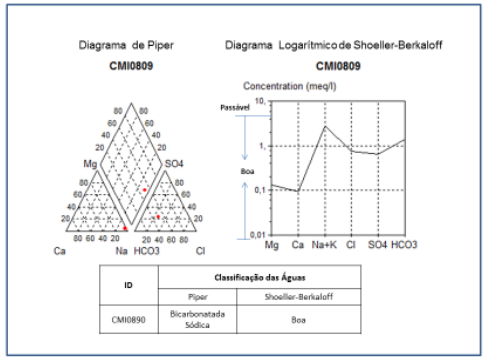
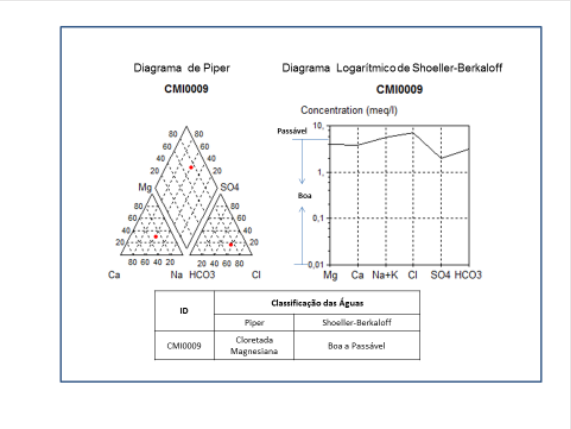


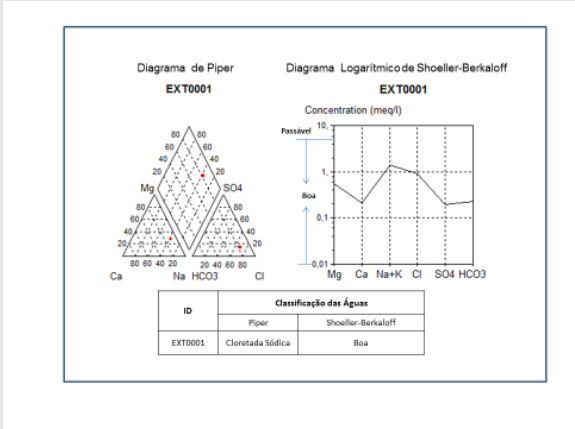
Figura 31 Esquemas dos Diagramas de Piper e Shoeller-Berkaloff.



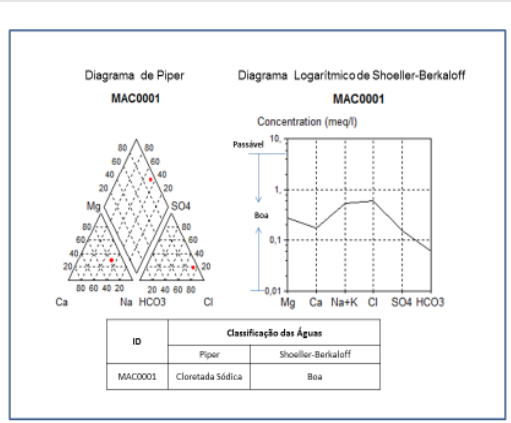
(a)



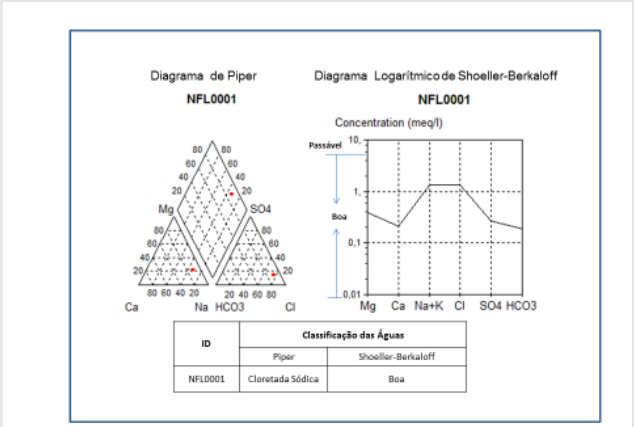
(b)



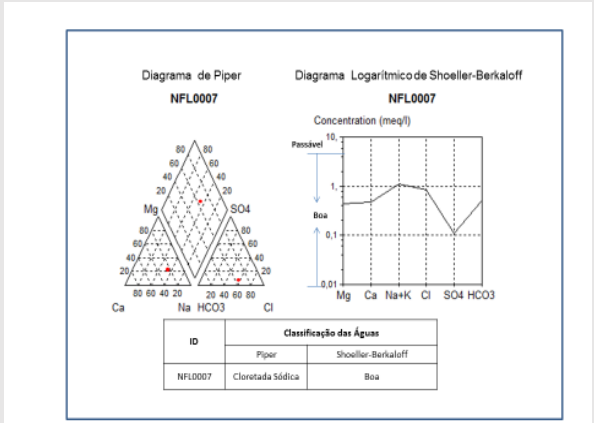
(c)



(d)

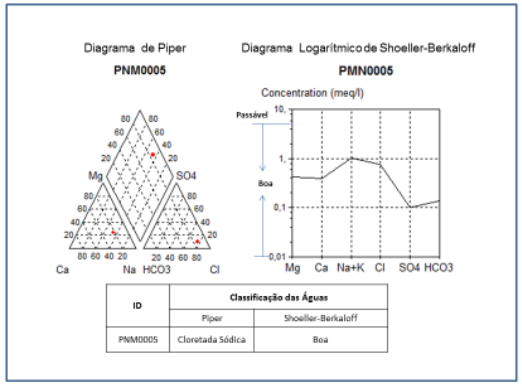


(e)

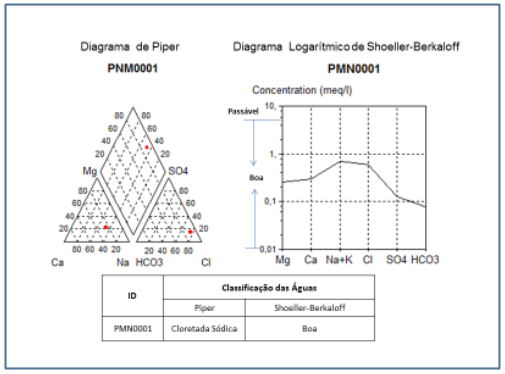


(f)

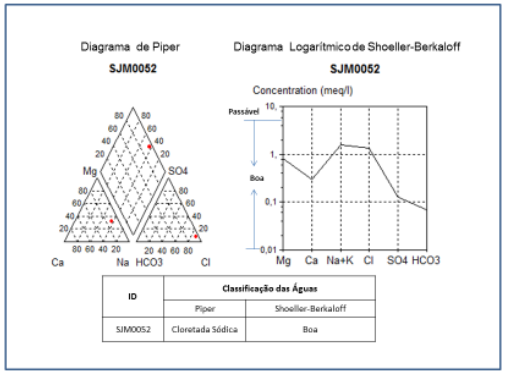
Figura 32 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff



(a)



(b)



(c)

Figura 33 Representações da classificação das águas, conforme a metodologia de Piper e Shoeller-Berkaloff.

Legenda

0 - 3,0 mg/L N (NO^{-3})

3,1 - 5,0 mg/L N (NO^{-3})

5,1 – 9,9 mg/L N (NO^{-3})

> 10,0 mg/L N (NO^{-3})

Figura 34 Localização dos poços nos demais municípios da RMN.
Pontos localizados na base do **Google Earth. Ano** 2016; Data SIO, NOAA. U.S. NAVY NGA GEBCO. Image Landsat**.**

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interpretação dos resultados demonstrou que dos vinte e um poços tubulares, monitorados na cidade de Natal, na campanha de Outubro a Dezembro de 2014, 57,14% destas unidades apresentarão concentrações de (N) no composto Nitrato (NO^-_3) acima de 10mg/L. Dentre os nove poços monitorados nos demais municípios da Região Metropolitana de Natal, campanha de setembro/2014, 33% apresentou valores acima do limite permissível estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008. No que se refere às outras variáveis químicas, apenas o Ferro e o Cloreto apresentaram concentrações acima do limite permissível estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, que é de 0,3 mg/L para o Ferro e 250 mg/L para o Cloreto. A presença da elevada concentração de Ferro (1,49 mg/L) foi verificada no POT0605, localizado no Bairro de Potilandia. Em relação a desconformidade do Cloreto, essa situação foi verificada no poço CMI0009, localizado em Ceará Mirim, que apresentou uma concentração de 251,79 mg/L. Quanto aos Compostos BETEX analisados nos poços monitorados na cidade de Natal, no Período Outubro a Dezembro/2014, não foram verificadas desconformidades com a Resolução CONAMA396/2008.

No que se refere aos coliformes totais e termotolerantes verificou-se que dentre os 17 poços monitorados, na cidade de Natal, durante a campanha de Outubro a Dezembro/2014, 70,58% (12 poços) estão em desconformidades com relação aos indicadores microbiológicos. Estes poços estão localizados nos bairros de Candelária, Potilandia, Nova Descoberta, Pajuçara, Quintas, Petrópolis e Tirol.

Nos demais municípios da RMN (São José do Mipibu, Nísia Floresta, Parnamirim, Macaíba Extremoz e Ceará Mirim) foi verificado que dos 09 poços monitorados, apenas, 01 poço apresentou ausência de coliformes totais e termotolerantes, que foi o NFL0001, localizado em Nísia Floresta.

Diante dos resultados observa-se a gravidade da situação em relação a degradação da qualidade das águas subterrâneas na região em apreço. No que diz respeito ao (**$N\text{-}NO^-_3$**), tal situação já foi bastante discutida ao longo das últimas décadas. Os mecanismos de poluição e contaminação já foram bem identificados através de várias pesquisas, de modo que a ausência de uma infraestrutura do sistema de esgotamento sanitário, adequada as condições da cidade de Natal, constitui o principal fator para a geração de uma carga potencialmente poluidora às águas subterrâneas.

Medeiros (2015) demonstrou que o risco de contaminação do aquífero Barreiras, na cidade de Natal, devido a carga contaminante de (**$N\text{-}NO^-_3$**) e a alta vulnerabilidade do sistema aquífero, foi

classificado como elevado. Os estudos, também, mostram que o crescimento populacional ocorreu em taxas superiores à capacidade de implantação da infraestrutura básica de saneamento. Tanto o monitoramento como pesquisas anteriores têm demonstrado que as elevadas concentrações de (**N-NO_3^-**) estão relacionadas, sobretudo, àqueles poços localizados em áreas com alta densidade populacional e com fontes potenciais de contaminação como as fossas sépticas e esgotos a céu aberto ou mesmo até outro poço já contaminado, no seu entorno. Assim, a forma do uso e da ocupação do solo no entorno das baterias de poços tubulares ou a localização de poços tubulares nas imediações das fontes de contaminação são situações que tem potencializado a poluição e a contaminação do sistema aquífero Dunas/Barreiras. Associado às situações dessa natureza conta-se, também, com eventuais construções de poços tubulares fora das normas. Diante de todo este contexto, acrescenta-se, ainda, a impermeabilização do solo associada as altas taxas de crescimento populacional e à ausência da infraestrutura básica de saneamento. Assim, se configuram as principais forçantes para a degradação da qualidade das águas subterrâneas e consequentemente o comprometimento do uso destas águas para o consumo humano das populações dos municípios que compõem a região metropolitana de Natal.

6.0 BIBLIOGRAFIA

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.

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

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

MEDEIROS, G. C. S. Método Avaliativo do Risco de Contaminação por Nitrato nas Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Natal/RN. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Curso Engenheira Ambiental, 2015.

PORTARIA MS n.º 2914/2011 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental.

RIO GRANDE DO NORTE - PROGRAMA ÁGUA AZUL. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 8º RELATÓRIO PARCIAL, 2014.

RIO GRANDE DO NORTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS . Relatório Final do Cadastramento e Nivelamento de Poços do Aquífero Barreiras no município do Natal/RN, 2005.

TIBURTIUS, E.R.L., PERALTA ZAMORA, P.P, EMMEL, A., LEAL, E.S Degradação de BETEXS via processo oxidativo avançados. Qui. Nova, v.28,n.1.p.61-64, 2005.

ANEXO 1 Informações gerais sobre os poços na RMN, especificamente na cidade de Natal.

POÇO	ENDEREÇO	LATITUDE	LONGITUDE	BAIRRO	PROPRIETÁRIO	Data de coleta	Coletado (S ou N)
ALE0758	PRAÇA DOM PEDRO II, 1055	9359057,32	255119,34	ALECRIM	COLEGIO NOSSA SENHORA DAS NEVES	29/10/2014	S
CAN0447	AVENIDAAV. DA INTEGRACAO	9353587,47	254278,10	CANDELÁRIA	MÁRMORE LTDA	22/10/2014	S
CAN1253	AVENIDAAV. JAGUARARI, S/N	9354513,60	253501,64	CANDELÁRIA	CONDOMíNIO GREEN WOODS	**29/10/2014**	S
CAN1312	BR 101, S/N	9353319,49	255351,71	CANDELÁRIA	CARREFOUR	22/10/2014	S
CPM0668	RUA M.JOEL CASSIO 1875	9351720,22	256796,07	CAPIM MACIO	COMDOMINIO ITATIAIA	10/11/2014	S
FCA0060	RUA NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO S/N	9355118,30	251111,65	FELIPE CAMARÃO	CAERN (P-01 FELIPE CAMARÃO)	10/12/2014	N
GUA0768	LIXÃO DE CIDADE NOVA, SEM N°	9354298,57	251090,98	GUARAPES	PREFEITURA DE NATAL	03/11/2014	S
LAZ0620	RUA SALESIANO S/N	9366500,08	250403,04	LAGOA AZUL	CAERN (P-8 LAGOA AZUL)	22/12/2014	N
POÇO	**ENDEREÇO**	**LATITUDE**	**LONGITUDE**	**BAIRRO**	**PROPRIETÁRIO**	**Data de coleta**	**Coletado (S ou N)**
LGN0453	AVENIDAAV. PRUDENTE DE MORAIS	9356698,40	254759,47	LAGOA NOVA	ESTADIO MACHADAO	28/10/2014	S
NDE0087	AVENIDAAV. BRIGADEIRO GOMES RIBEIRO, SEM N°	9355920,15	256464,96	NOVA DESCOBERTA	CAERN (P-3 NOVA DESCOBERTA)	10/12/2014	S
NSA0269	RD DN 160 KM 03 S/N BL A	9365594,13	246644,36	N.S DA APRESENTAÇÃO	GUARARAPES	25/11/2014	S
PAJ0180	AVENIDAAV. MOEMA TINÈCO, 2490	9366553,39	252466,85	PAJUÇARA	POSTO NOSSA SENHORA SANTANA	24/11/2014	S
PAJ0629	RUA MAR MEDITERRÂNEO S/N	9365839,12	252630,47	PAJUÇARA	CAERN (P-33 PAJUÇARA)	22/12/2014	N
PAR0118	ETA LAGOA DO JIQUI	9345505,70	257748,38	PARNAMIRIM	CAERN (ETA DO JIQUI)	10/12/2014	S
PAR0139	AVENIDAAV. MARIA LACERDA MONTENEGRO, S/N	9349721,21	254627,64	PARNAMIRIM	CAERN (P-10 PARNAMIRIM)	10/12/2014	N
PET0377	RUA TRAIRI, 581	9360065,90	256585,78	PETRÓPOLIS	ED. EWERTON CORTEZ	23/10/2014	S
PIT1318	RUA SERRA DO SALITRE, SN	9351721,09	251623,91	PITIMBU	CAERN (P-9 PITIMBU)	10/12/2014	S
PLA0065	RUA JARDIM DO ÉDEN	9352484,54	250863,35	PLANALTO	CAERN (P-1 PLANALTO)	11/12/2014	S
PNE0787	ESTRADA DE PIRANGI - ROTA DO SOL, SEM N°	9349998,96	256670,72	PONTA NEGRA	ABC	03/11/2014	S
POT0003	RUA ARAGUARI S/N	9363538	250051	SANTA CATARINA	HOSPITAL SANTA CATARINA	06/11/2014	S

POÇO	ENDEREÇO	LATITUDE	LONGITUDE	BAIRRO	PROPRIETÁRIO	Data de coleta	Coletado (S ou N)
POT0586	RUA ILHÉUS S/N	9362458,11	250307,07	POTENGI	CAERN (P-34 POTENGI)	22/12/2014	N
POT0605	RUA DO COQUEIRO, S/N°	9363095,39	252202,77	POTENGI	CAERN (P-44 POTENGI)	22/12/2014	S
PQD0690	VIA COSTEIRA, SEM N°	9357761,67	258382,01	PARQUE DAS DUNAS	CENTRO DE CONVENÇıES	25/11/2014	S
QUI0918	AVENIDAAV. BERNARDO VIEIRA, 1050	9358013,45	253090,86	QUINTAS	POSTO IPIRANGA	24/11/2014	S
STR1176	RUA CORONEL FLAM═NIO	9362231,57	256118,59	SANTOS REIS	IATE CLUBE DE NATAL	29/10/2014	S
SVA0002	AV. PREF. OMAR OGRADY	9352520	253445	SAN VALE	CAERN (P-6 SAN VALE)	10/12/2014	N
TIR0355	RUA DOM JOSÉ TOMÁZ, 1041	9358007,20	255915,63	TIROL	CONDOMINIO ARIANE	23/10/2014	S
TIR1173	AVENIDAAV. SEN. SALGADO FILHO, 1559	9357259,04	256097,35	TIROL	IFRN	23/10/2014	S

ANEXO 2 Informações gerais sobre os poços, nos demais municípios da RMN.

Local de Coleta	Poço	Nomenclatura	Latitude	Longitude	Município	Data de Coleta	Coletado (S ou N)
Gameleira II-poço SAAE	PS-0809	CMI0809	9370984,00	225899,00	Ceará-Mirim	17/09/2014	S
Poço SAAE - Barro Vermelho	P-09	CMI0009	-	-	Ceará-Mirim	17/09/2014	S
Sede do SAAE	P-01	EXT0001	-	-	Extremoz	16/09/2014	S
Loteamento Jardim Potiguar (Fonte Pura)	P-01	MAC0001	-	-	Macaíba	16/09/2014	S
Lagoa do Bonfim - P1	P-02	NFL0001	9329942,39	254184,23	Nísia Floresta	16/09/2014	S
Lagoa do Bonfim - P7	P-04	NFL0007	9329262,50	254989,80	Nísia Floresta	16/09/2014	S
Escritório da CAERN	P-05-1	PNM0005	9345036,79	249276,83	Parnamirim	16/09/2014	S
Sidore Ind. E Com. Refrigerantes Ltda	P-01	PNM0001	-	-	Parnamirim	16/09/2014	S
Poço Caern-Bica	P-05-2	SJM0052	9327926,50	252924,45	São José do Mipibu	16/09/2014	S