



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**



**DÉBORA SAMARA CRUZ ROCHA FARIAS**

**AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS TEORES DE SAIS NAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA-PB**

**DISSERTAÇÃO-VERSÃO PRELIMINAR**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**AGOSTO – 2016**

DÉBORA SAMARA CRUZ ROCHA FARIAS

**AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS TEORES DE SAIS NAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:  
ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**ORIENTADOR:**  
Prof<sup>o</sup>. Dr. JOSÉ DANTAS NETO

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA  
AGOSTO DE 2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a **DEUS**, pela minha vida, saúde e força, com propósitos, chances e força para superar as barreiras impostas sobre meus objetivos.

A meus pais, Divanete Cruz Rocha e Antônio Rufino de Farias, por todos os ensinamentos e lições que serviram de caminho e inspiração para que eu chegasse até aqui. A meu esposo Eduardo de Mello Silva.

Ao professor José Dantas Neto, pela minha orientação, pelas dúvidas esclarecidas, e pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas na elaboração deste trabalho e em todo o período que permaneci na UFCG; seus ensinamentos contribuíram não apenas para a pesquisa como também para minha evolução profissional e pessoal.

À professora e amiga Soahd Arruda Rached Farias, pela grande ajuda nas coletas de dados em campo e interpretação dos dados, além da contribuição como examinadora.

Aos professores do Mestrado em Engenharia Agrícola: Carlos Azevedo, Hugo Orlando Carvalho Guerra, José Dantas Neto e Vera Lúcia Antunes de Lima, que proporcionaram a oportunidade de expandir meus conhecimentos.

Ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG e seus integrantes: em especial; Francisco (Doutor) e Wilson, pelo intenso trabalho realizado para a análise das amostras de águas. À secretária da Coordenação, Aparecida e Gilson, pela presteza no atendimento. A todos os proprietários rurais que, com toda a simplicidade, nos receberam muito bem em suas propriedades e prestaram informações valiosas.

## **AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS TEORES DE SAIS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA-PB**

**RESUMO:** O objetivo da pesquisa foi Avaliar espacial e temporal a salinidade das águas subterrâneas do município de Boa Vista-PB. O estudo teve como campo de investigação o município de Boa Vista, totalizando uma área de 446,30 Km<sup>2</sup>, localizada entre as coordenadas de latitudes 7°09'03,7" e 7°22'19,7" de latitude sul e 36°05'25,6" e 36°22'22,8" de longitude oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh', que significa semiárido quente, com precipitação média é de 416 mm/ano. A pesquisa teve início em outubro de 2014, estendendo-se até agosto 2015, onde houve coleta em 02 momentos, para obter a média dos teores de sais dos poços tubulares pesquisados. Em referência a primeira etapa foram coletadas 86 amostras das fontes em todo o município, realizando-se um diagnóstico da qualidade da sua água subterrânea. No segundo momento foram coletados 76 amostras de água, houve uma redução, pois alguns poços secaram e outros estavam quebrados, os 76 poços foram georreferenciados. Os pontos foram georreferenciados usando-se um GPS 12 XL, e fotografados com máquina digital. A coleta foi realizada no ponto onde deságua o fluxo de água, evitando ao máximo reservatórios contaminados (bebedouro), mas obtendo diretamente do bombeamento. Foram analisados os conteúdo de sais expressa pela condutividade elétrica da água (CEa), os sais dissolvidos totais (STD), cátions, ânions, potencial hidrogeniônico (pH), e relação de adsorção de sódio (RAS), alcalinidade e dureza em águas do município de Boa Vista, PB.

**Palavras-chave:** qualidade de água; classificação; salinidade.

## **SPATIAL EVALUATION AND TIME OF SALTS CONTENT IN GROUNDWATER IN THE MUNICIPALITY OF BOA VISTA-PB**

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate spatial and temporal salinity of groundwater in the city of Boa Vista-PB. The study was to research field the city of Boa Vista, totaling an area of 446.30 km<sup>2</sup>, located between latitudes coordinates 7°09'03,7 "and 7°22'19,7" south latitude and 36°05'25,6 "36°22'22,8 and" west longitude. the climate, according to Köppen classification, is the BSh type ', which means hot semi-arid, with average rainfall is 416 mm / year. the survey began in October 2014, extending to August 2015, which was collected in 02 times for the average salt content of the wells surveyed in reference to the first stage were collected 86 samples from sources throughout the municipality, performing a diagnosis the quality of their groundwater. the second time was reduced because some wells dried up and others were broken and can only be collected 76 points and the same were georeferenced. the points were georeferenced using a GPS 12XL, and photographed with digital machine. the collection was carried out at the point where water flows into the flow, avoiding the most contaminated reservoirs (water cooler), but getting directly pumping. the salt content were analyzed expressed by the electrical conductivity of water (CEA), total dissolved salts (TDS), cations, anions, hydrogen potential (pH), and sodium adsorption ratio (SAR) in water in the city of Boa Vista , PB.

**Keywords:** water quality; classification; salinity.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	.....
<b>RESUMO</b>	.....
<b>ABSTRACT</b>	.....
<b>SUMÁRIO</b>	.....
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	.....
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	.....
<b>SÍMBOLOS E ABREVIACÕES</b>	.....
<b>INTRODUÇÃO</b>	.....
<b>OBJETIVOS</b>	.....
Objetivo Geral	.....
Objetivos específicos	.....
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	.....
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	.....
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	.....
<b>CONCLUSÕES</b>	.....
<b>REFERÊNCIAS</b>	.....
<b>ANEXOS</b>	.....

## ÍNDICE DE TABELAS

**Tabela 1-** Padrão da água para consumo humano, segundo a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

.....  
**Tabela 2-** Limites máximos dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para consumo humano.....

**Tabela 3-** Classificação das águas para consumo animal (bovinos e aves).....

**Tabela 4-** Níveis sugeridos de Magnésio nas águas de consumo animal (bovinos e aves<sup>1</sup>).....

**Tabela 5-** Padrões de qualidade da água para dessedentação de aves.....

**Tabela 6-** Consumo médio de água pelos animais.....

**Tabela 7-** De acordo com o UCCC, parâmetros para se interpretar a qualidade da água para irrigação.....

**Tabela 8-** Análises de laboratório necessária para se interpretar a qualidade da água para irrigação.

**Tabela 9:** Classificação dos valores do LSI e do RSI, adaptado de Grades (2004).....

**Tabela 10.** Distribuição de chuvas acumuladas mensalmente, entre os anos de 2014 e 2015 no município de Boa Vista, PB.....

**Tabela 11** Equações empíricas, coeficiente de determinação e coeficiente de correlação entre condutividade elétrica (CE) e os principais sais constituintes das águas subterrâneas

**Tabela 12.** Os teores máximos aceitáveis de cloretos para diversas espécies/categorias animais

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Localização da área em estudo.....	
<b>Figura 2-</b> Características predominantes de tipos de solos existentes na região do município de Boa Vista –PB.....	
<b>Figura 3-</b> Características de Capacidade de uso do solo para região do município de Boa Vista –PB.....	
<b>Figura 4</b> Águas analisadas no laboratório de irrigação e drenagem.....	
<b>Figura 5-</b> Tipos de fontes hídricas localizadas no município de Boa Vista-PB, 2016 .....	
<b>Figura 6-</b> Mapa da condutividade elétrica da água da região de Boa Vista-PB.....	
<b>Figura 7-</b> Diagrama da USDA para as amostra de águas coletadas. Boa Vista, 2015	
<b>Figura 8-</b> Diagrama de Piper.....	
<b>Figura 9-</b> Diagrama de Schöller e Berkaloff.....	
<b>Figura 10-</b> Diagrama de Schöller e Berkaloff para potabilidade das águas subterrâneas.	
<b>Figura 11-</b> Classificação em relação aos sólidos totais dissolvidos.....	
<b>Figura 12-</b> Classificação segundo a USSL para irrigação.....	
<b>Figura 13-</b> potencial hidrogenionico.....	
<b>Figura 14-</b> Gráfico do Cálcio.....	
<b>Figura15-</b> Gráfico do Magnésio.....	
<b>Figura 16-</b> Gráfico do Sódio.....	
<b>Figura 17-</b> Gráfico do Potássio.....	
<b>Figura18-</b> Gráfico do Carbonato.....	
<b>Figura 19 -</b> Gráfico do Bicarbonato.....	
<b>Figura 20-</b> Gráfico do Cloreto.....	
<b>Figura 21-</b> Gráfico do Sulfato.....	
<b>Figura 22-</b> Gráfico da Condutividade Elétrica para animais .....	
<b>Figura 23-</b> Concentração de Magnésio.....	
<b>Figura 24-</b> Classificação das águas de irrigação segundo Richards.....	
<b>Figura 25-</b> Classificação das águas de irrigação segundo UCCC.....	
<b>Figura 26-</b>	

## **SIMBOLOS E ABREVIACOES**

ANA – Agencia Nacional de guas

CEa – Condutividade elétrica da gua

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OMS – Organizao Mundial de Saúde

ONU – Organizao das Naes Unidas

RAS – Razão de adsoro de sódio

STD – Sólidos totais dissolvidos

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

USSL – *United States Salinity Laboratory*

VMP – Valor Máximo Permitido

WHO – *World Health Organization*

## 1. INTRODUÇÃO

Na Terra há cerca de 1.360.000.000 km<sup>3</sup> de água que se distribuem da seguinte forma: 1.320.000.000 km<sup>3</sup> (97%) águas salgadas; 40.000.000 km<sup>3</sup> (3%) são águas doce; 25.000.000 km<sup>3</sup> (1,8%) água congelada; 13.000.000 km<sup>3</sup> (0,96%) água subterrânea; 250.000 km<sup>3</sup> (0,02%) em lagos e rios e; 13.000 km<sup>3</sup> (0,001%) em forma de vapor d'água. O Brasil possui 12% da água doce que escorrem superficialmente no mundo 70% estão na Região Norte, 15% no Centro-Oeste, 6% no Sul e no Sudeste e apenas 3% no Nordeste (SUASSUNA, 2007).

No Brasil, estimativas indicam a existência de pelo menos 400 mil poços. A água de poços e de fontes vem sendo utilizada intensamente para diversos fins, tais como abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. Cerca de 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea. Embora o uso do manancial subterrâneo seja complementar ao superficial em muitas regiões, em outras áreas do país ele representa o principal manancial hídrico. (MMA/PNRH, 2006).

A CPRM (2000), em seu “Programa de Água Subterrânea para o Semiárido Brasileiro”, estima que em todo o Nordeste existam por volta de 150 mil poços tubulares. Porém, de acordo com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS foram cadastrados até janeiro de 2008 cerca de 92.700 poços na região.

Aproximadamente 30 milhões de hectares do planeta são afetados por sais, e de 0,25 a 0,5 milhões de hectares de área produtiva são perdidos a cada ano em função da salinização do solo (FAO, 2002). No Nordeste brasileiro os solos afetados por sais ocupam uma área de aproximadamente 9,1 milhões de hectares no Nordeste brasileiro (PEREIRA 1983).

No semiárido nordestino animais consomem em geral, águas de baixa qualidade, durante alguns meses do ano. Frequentemente, essas águas contêm altos níveis salinos e provocam desarranjos fisiológicos podendo levar até morte; o efeito mais comum é a falta de apetite que tem sua origem não apenas de um desequilíbrio no conteúdo de água nos tecidos, mas, também, de uma toxicidade iônica, sendo o magnésio o elemento que provoca diarreia no gado (AYERS e WESTCOT, 1999).

Na região árida e semiárida as águas subterrâneas são uma alternativa viável para atender a demanda dos animais, por períodos longos e quando há extrema escassez de água com pouca quantidade de sais, essas águas apresentam salinidade elevada, pois não houve recarga nos mananciais superficiais nos últimos anos devido a grande seca

que a região tem enfrentado, essas águas podem ser oferecidas aos animais desde que diluídas com água de outros poços que apresentem salinidade menor e de forma gradativa.

As águas da região nordeste apresentam grande quantidade de sais logo existe a relevância de conhecer a qualidade das águas e a proporção de sais existentes nas fontes subterrâneas para serem melhores destinadas, seja para o uso doméstico, consumo de animais e quais desses animais ou irrigação.

Segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais da Paraíba (CDRM) no ano de 2011 o órgão perfurou e instalou 310 poços, em 2012 foram 195, no ano de 2013 foram 395 e 2014 ao todo de 685 poços em toda a Paraíba. Mesmo no cristalino do semiárido nordestino brasileiro, onde a produtividade dos poços apresenta vazões muito baixas (comumente inferiores a 3 m<sup>3</sup> /h) e a água possui elevada salinidade, em muitas pequenas comunidades esses poços constituem a única fonte de abastecimento disponível (PNRH, 2006).

A região de Boa Vista-PB está localizada no semiárido nordestino e teve um grande incentivo governamental na perfuração de poços nos últimos 03 anos, decorrente de uma redução elevada nas precipitações anuais dos referidos anos (2012 -2014), desta forma, tentando atingir o propósito de manter as diversas atividades de pecuária, entre elas, o frango de corte, foram demandados muitos poços subterrâneos para a região, sem que observassem a qualidade físico-química como meio de critério de perfuração, principalmente para as aves, que estão dentro do grupo de maior sensibilidade aos teores de sais.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Avaliar espacial e temporal a salinidade das águas subterrâneas do município de Boa Vista-PB.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Caracterizar hidroquimicamente as águas do município.
- b) Correlacionar as variáveis de salinidade das águas subterrâneas.
- c) Determinar o risco de incrustação e de corrosão do material usado nos poços subterrâneos em função dos sais existentes.
- d) Classificar as água subterrâneas, quanto à salinidade, para fins de consumo humano, animal e de irrigação.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 QUALIDADE DE ÁGUA**

No Brasil, as legislações vigentes que tratam de potabilidade da água para consumo humano e de águas subterrâneas são, respectivamente, a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2008).

A água doce é um recurso natural finito, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento do consumo e mau uso da água por parte da população, e ausência de políticas públicas voltadas para sua conservação. A água é o nutriente requerido em maior quantidade pelo ser humano, animais e parte vital de qualquer sistema biológico. A importância da qualidade da água está bem conceituada na Política Nacional dos Recursos Hídricos, que define entre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei no 9.433).

A informação sobre a qualidade da água no país ainda é insuficiente ou inexistente em várias bacias. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, apenas nove unidades da Federação possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons; cinco possuem sistemas bons ou regulares; e treze apresentam sistemas fracos ou incipientes, a Paraíba está entre estes (ANA, 2005).

A elevada incidência de radiação solar, associada à irregularidade do regime pluviométrico, contribui para o aumento das taxas de evaporação, as quais variam de 1000 a 2000 mm ano<sup>-1</sup>; e podem chegar a 3000 mm ano<sup>-1</sup> em algumas regiões do nordeste brasileiro. As altas taxas de evaporação, que ocorrem no Semiárido brasileiro, tanto em superfícies livres de água (açudes, represas, etc.) como no solo, representam uma perda significativa na disponibilidade hídrica de uma região para o crescimento e o desenvolvimento das espécies, o que, ao longo dos séculos, pode resultar em seleção e adaptação daquelas mais resistentes à falta de água (MOURA, 2011).

Toda água superficial ou subterrânea contém certo teor de sais em solução, mas em regiões áridas e semiáridas essa concentração é maior por causa dos períodos secos, que favorecem a evaporação da água e em consequência, se concentram os sais nas águas remanescentes dos reservatórios, causando grandes problemas de salinização e sodificação do solo quando utilizadas para diversos usos de consumo. A orientação

comum é determinar a qualidade da água quanto ao teor de sais através de leituras para determinar a concentração e a composição desses sais (DAKER, 1970).

Segundo AYERS & WESTCOT, (1999) nas regiões áridas e semiáridas, o gado, em geral, consome águas de qualidade inferior durante vários meses do ano. De vez em quando, as águas contêm altos níveis de sais e provocam desarranjos fisiológicos e até a morte dos animais. O efeito mais comum é a falta de apetite que tem sua origem não apenas de um desequilíbrio no conteúdo de água nos tecidos, mas também, de uma toxicidade iônica, sendo o magnésio o íon que pode provocar mais facilmente diarreia no gado. E sendo o município, detentor da criação de bovinos e caprinos de leite, uma grande preocupação promove em observar tais teores de sais, nos poços tubulares.

### 3.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA

De acordo com a Resolução CONAMA nº 396/2008, um aquífero é um corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram sob a superfície da Terra, preenchendo os espaços vazios entre os grãos do solo, rochas e fissuras (rachaduras, quebras, descontinuidades e espaços vazios (MMA, 2007).

As águas subterrâneas são utilizadas como fonte de abastecimento humano, devido principalmente à deterioração da qualidade de reservas hídricas superficiais, em função da contaminação por efluentes domésticos e industriais, a utilização de agrotóxicos, fertilizantes e inseticidas. Outro fator para o uso dessas águas seria a irregularidade de chuvas e alta evaporação que tem esvaziado os reservatórios.

#### referencia

As águas subterrâneas são fontes de água doce utilizada para consumo humano, irrigação, e usos domésticos em muitas regiões do mundo (BALACHANDAR et al., 2010).

A água subterrânea é considerada potável quando se realiza análises físico-químicas, e verifica-se que ela está dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos nas normas vigentes no País (CELLIGOI, 1999).

No Brasil a disponibilidade hídrica subterrânea explorável é da ordem de 4.000 m<sup>3</sup>/s, alimentando a existência de mais de 400 mil poços que suprem diversas finalidades como abastecimento público, irrigação, indústria e lazer. Mais de 15% dos domicílios

brasileiros utilizam exclusivamente água subterrânea para seu suprimento, permitindo o atendimento de comunidades pobres ou distantes das redes de abastecimento público em geral, sendo estratégica para as comunidades rurais do semiárido nordestino (ANA, 2007).

No cenário mundial onde a demanda por água doce cresce continuamente ao ritmo do crescimento populacional, a água subterrânea assume papel importante no fornecimento de água doce de qualidade para o abastecimento humano, industrial e de irrigação. No mundo, o ritmo de uso dos recursos subterrâneos aumentou em pelo menos três vezes ao longo dos últimos cinquenta anos, e continua a aumentar de 1,0% a 2,0% ao ano. As estimativas sugerem que a captação de águas subterrâneas é responsável por 26,0% da retirada total de água no mundo (UNESCO, 2012).

A avaliação da qualidade da água com fins de potabilidade para consumo humano tornou-se uma importante alternativa para o melhor uso das águas subterrâneas e com isso proporcionar a permanência do homem no campo, evitando o êxodo rural. No município de Boa Vista, localizado em região da Paraíba com regime de chuvas abaixo de 500 mm por ano, possui uma grande demanda de perfurações, ora sendo abandonados por não atingir nem a tolerância para animais, ora é capaz de ser usado como fonte de venda para consumo humano, devido à restrição de chuvas nos últimos 04 anos que assola a região. Diante da importância do uso da água subterrânea em propriedades rurais foi realizada uma avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para estes fins no município de Boa Vista do Estado da Paraíba, usando como base a Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde, para tanto alguns parâmetros foram analisados como percepção de ter ou não ter potencial de uso para este determinado fim.

### **3.3 AQÜÍFERO**

Os aquíferos são reservatórios subterrâneos de água, caracterizados por camadas ou formações geológicas suficientemente permeáveis, capazes de armazenar e transmitir água em grande quantidade.

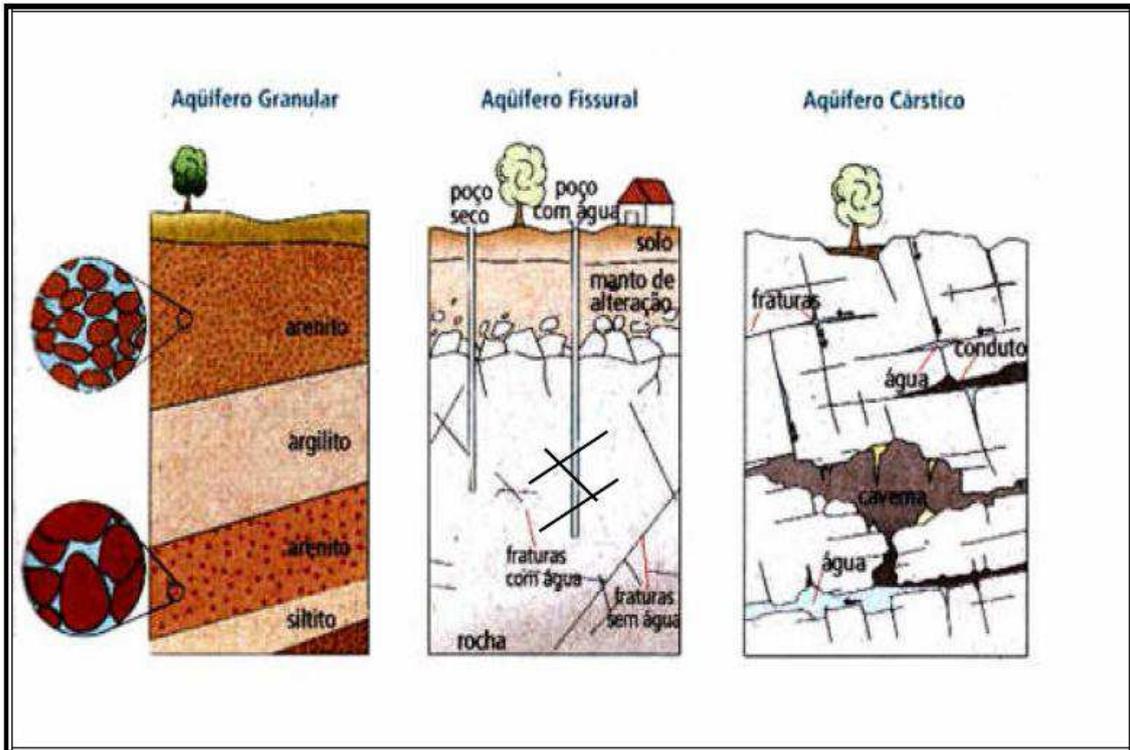
Os aquíferos podem ser classificados também de acordo com a porosidade das rochas armazenadoras. Podem ser:

Granulares: aquíferos superficiais, que ocorrem em sedimentos clássicos não consolidados, tais como em depósitos aluviais de rios, que consistem fundamentalmente de areia e argila;

Fissurais: águas subterrâneas que ocorrem nas fraturas das rochas resultantes dos processos tectônicos;

Cársticos: formados por rochas carbonáticas, que no processo geológico produzem fraturas e fissuras por conta da dissolução cárstica.

Estes procedimentos citados podem ser visto melhor através da figura 8.



**Figura 8:** Tipos de aquíferos de acordo com as rochas armazenadoras de águas.

**Fonte:** Instituto Geológico de São Paulo (2008)

Existem dois grupos de fontes hidrominerais, que Feitosa e Manoel Filho (1997) classificam como:

Fontes de surgências naturais ou de afloramentos: são aquelas onde as águas subterrâneas, por motivos geológicos, surgem espontaneamente no terreno, produzindo escoamento superficial a partir do qual é captada;

Fontes de captação artificial: são fontes de água decorrentes da perfuração de poços tubulares e cacimbões com profundidades variáveis.

### 3.4 PROVÍNCIAS HIDROGEOLÓGICAS DO NORDESTE DO BRASIL

O Nordeste do Brasil, segundo a CPRM (2001), por conta das características geológicas e hidrogeológicas semelhantes das águas subterrâneas é dividido em quatro províncias que são:

Província do Escudo Oriental Nordeste é constituída predominantemente de rochas cristalinas e apresenta, em geral, um potencial hidrogeológico muito fraco;

Província do São Francisco predominam aquíferos restritos às zonas fraturadas, com potencialidade de baixa a média;

Província do Parnaíba é representada pela bacia sedimentar do Parnaíba e constitui o maior potencial de água subterrânea do Nordeste;

Província Costeira corresponde à extensa faixa litorânea do país, estendendo-se desde o Amapá até o Rio Grande do Sul, sendo formada por nove sub-províncias, das quais sete ocorrem na região Nordeste.

O aquífero cristalino nordestino apresenta normalmente águas salinas cujos sólidos totais dissolvidos (STD) são superiores a 2.000mg/l em 75% dos casos, segundo Rebouças (2006).

### 3.3 ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

As águas doces até a classe 3 podem ser utilizadas para abastecimento humano (potável) após o tratamento adequado; uma vez realizado este tratamento, ela deve estar de acordo com os parâmetros da portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (Tabela 1), a qual estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade destinada ao consumo humano.

**Tabela 1.** Padrão da água para consumo humano, segundo a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

PARÂMETRO	Unidade	VMP (1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	Uh <sup>(2)</sup>	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12

Odor	Intensidade	6
Gosto	Intensidade	6
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,1
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT <sup>(4)</sup>	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3
pH	Faixa de 6,0 a 9,5	

<sup>(1)</sup> Valor Máximo Permitido

<sup>(2)</sup> Unidade Hazen (mg Pt-CO/L)

<sup>(4)</sup> Unidade de Turbidez

Na Tabela 2 são apresentados os níveis toleráveis para cada parâmetro de potabilidade de água segundo BRASIL (2005), BRASIL (2011) e OMS (1999).

Os padrões de potabilidade para as águas destinadas ao abastecimento humano são estabelecidos segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), que define como água potável aquela que apresenta aspecto límpido e transparente; não apresenta cheiro ou gosto desagradável; não contém nenhum tipo de microrganismo que possa causar doença e não contém nenhuma substância em concentrações que possam causar qualquer tipo de prejuízo à saúde.

**Tabela 2.** Limites máximos dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para consumo humano.

Parâmetro	Unidade	Valores máximos permitidos (VMP)
pH	-	6,0-9,5
Cloretos	mg L <sup>-1</sup>	250
Cálcio	mg L <sup>-1</sup>	200
Magnésio	mg L <sup>-1</sup>	150
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	200
Potássio	mg/ L	20
Dureza total	mg L <sup>-1</sup>	500
Alcalinidade total	mg/ L	400

Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	mg L <sup>-1</sup>	1.000
----------------------------------	--------------------	-------

Fonte: BRASIL (2005), BRASIL (2011) OMS (1999)

### 3.4 ÁGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Para consumo animal, citado por Ayers & Westcot (1999), a Academia Nacional de Ciências dos EUA classifica a água recomendando parâmetros de salinidade entre 1,5 e 16 (dS/m<sup>-1</sup>), conforme a Tabela 3.

Conforme Ayers & Westcot (1999), com exceção do magnésio, os íons responsáveis pela salinidade não são muito tóxicos em sua maioria. Assim, as normas Australianas, recomendam que se deva considerar o Mg, sobretudo, quando a salinidade exceder 6600 uS m<sup>-1</sup> (4.000 mg L<sup>-1</sup>) nas águas para o gado bovino e 10000 uS m<sup>-1</sup> (6.000 mg L<sup>-1</sup>) nas águas para ovinos. Na Tabela 3 são apresentados os níveis toleráveis de magnésio que a Australian Water Resources Council (1969) citado por Ayers & Westcot (1999).

**Tabela 3.** Classificação das águas para consumo animal (bovinos e aves).

Salinidade da água (dS/m)	Classe	Observações
< 1,5	Excelente	Adequada para todas as classes
1,5 – 5,0	Muito satisfatória	Provoca diarreia em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves
5,0 – 8,0	Satisfatória para o gado Não satisfatória para as aves	Pode produzir diarreia temporária ou não ter aceitabilidade por animais não acostumados Aumento de mortalidade e redução de crescimento, sobretudo em perus
8,0 – 11,0	De uso limitado para o gado. Não apta para as aves	Evitar para fêmeas prenhas e em lactação Não é adequada para as aves domésticas
11,0 - 16,0	De uso limitado	Grande risco para vacas lactantes ou prenhas. Animais mais velhos podem subsistir em certas condições
>16,0	Não recomendável	Riscos muito grandes.

Fonte: National Academy of Science (1972, 1974), Apud Ayers & Westcot (1999), adaptada.

Na Tabela 4 são apresentados os níveis toleráveis de magnésio que a Australian Water Resources Council (1969) citado por Ayers & Westcot (1999).

**Tabela 4.** Níveis sugeridos de Magnésio nas águas de consumo animal (bovinos e aves<sup>1</sup>).

Aves e Gados	Concentração de Magnésio	
	mg L <sup>-1</sup>	meq L <sup>-1</sup>
Aves Confinadas <sup>2</sup>	< 250	< 21
Suínos <sup>2</sup>	< 250	< 21
Eqüinos	< 250	< 21
Vacas lactentes	< 250	< 21
Ovelhas e cordeiros	< 250	< 21
Bovinos de corte	< 400	< 33
Ovinos adultos alimentados com feno	< 500	< 41

<sup>1</sup>Fonte: Australian Water Resources Council (1969) citado por AYERS & WESTCOT (1999).

<sup>2</sup>A tolerância das aves e suínos ao Mg é desconhecida, porém se estima que seja inferior a 250 mg L<sup>-1</sup>.

**Tabela 5:** Os teores máximos aceitáveis de cloretos para diversas espécies/categorias animais

Espécie/categoria animal	Teor aceitável de cloretos (mg/L Cl)
Bovinos de leite	1600
Bovinos de carne	4000
Ovelhas e borregos	2400
Ovinos adultos	5600
Equídeos (cavalos)	1200

Teores máximos de cloretos para algumas espécies/categorias animais. (Adaptado de “Water for livestock: interpreting water quality tests”)

A Tabela 6 exemplifica como padrões de qualidade de água exigidos para a dessedentação de aves, na qual verifica-se que alguns parâmetros requeridos para as aves são muito semelhantes aos padrões humanos, em alguns casos os níveis para as aves é até mais restritivo.

**Tabela 6-** Padrões de qualidade da água para dessedentação de aves.

Elementos ou contaminantes	Nível médio considerado	Nível máximo aceitável
Total de bactérias	0 mg/l	100 mg/l
Coliformes totais	0 mg/l	50 mg/l
Nitratos	10 mg/l	25 mg/l
Nitritos	0,4 mg/l	4 mg/l
pH	6,8-7,5 mg/l	-
Dureza	60-180 mg/l	-
Cálcio	60 mg/l	-
Cloreto	14 mg/l	250 mg/l
Cobre	0,002 mg/l	0,06 mg/l
Ferro	0,2 mg/l	0,3 mg/l
Chumbo	-	0,02 mg/l
Magnésio	14 mg/l	125 mg/l
Sódio	32 mg/l	-
Sulfato	125 mg/l	250 mg/l
Zinco		1,5 mg/l

Fonte: Scheideler & Pendleton (1995)

### **3.5 ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO**

As águas foram classificadas, quanto ao aspecto da irrigação, de acordo com as normas da University of Califórnia Committee of Consultants (UCCC) (1974) apud Ayers; Westcot (1999) (Tabela 7), em que se consideram os valores da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e Condutividade Elétrica (CEa); além dessas normas, utilizou-se também a classificação proposta por Richard (1954), que utiliza a CEa para determinar a qualidade da água para irrigação.

**Tabela 7.** De acordo com o UCCC, parâmetro para se interpretar a qualidade da água para irrigação.

Problema Potencial		Grau de Restrição de Uso					
		Unidade	Valores Normais	Nenhum	Baixo a moderado	Severo	
<b>Salinidade</b>							
CEa <sup>2</sup>		dS m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7	-	3	> 3,0
SDT <sup>3</sup>		mg L <sup>-1</sup>	< 450	450	-	2000	> 2000
<b>Infiltração</b>		RAS <sup>4</sup>		CEa			
0	-	3	> 0,7	0,7	-	0,2	< 0,2
3	-	6	> 1,2	1,2	-	0,3	< 0,2
6	-	12	> 1,9	1,9	-	0,5	< 0,5
12	-	20	> 2,9	2,9	-	1,3	< 1,3
20	-	40	> 5,0	5	-	2,9	< 2,9
<b>Toxicidade de íon específico</b>							
<b>Sódio (NA)<sup>5</sup></b>							
Irrigação superficial		RAS	< 3	3	-	9	> 9
Irrigação por aspersão		meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3			
<b>Cloreto (Cl)<sup>5</sup></b>							
Irrigação superficial		meq L <sup>-1</sup>	< 4	4	-	10	> 10
Irrigação por aspersão		meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3			
Cálcio		meq L <sup>-1</sup>	0 – 20				
Magnésio		meq L <sup>-1</sup>	0 – 5				
Carbonatos		meq L <sup>-1</sup>	0 – 0,1				
Sulfatos		meq L <sup>-1</sup>	0 – 20				
<b>Outros íons que afetam culturas sensíveis</b>							

Nitrogênio (N – NO <sup>3</sup> ) <sup>6</sup>	mg L <sup>-1</sup>	< 5,0	5	-	30	> 30
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) (para aspersão convencional)	meq L <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5	-	8,5	> 8,5
pH		Faixa normal: 6,5 – 8,4				

Fonte: Adaptada da University of California Commite of Consultants (1974) Ayers & Westcot (1999).

NOTAS:

<sup>2</sup> CE<sub>a</sub> = Condutividade elétrica da água, em dS m<sup>-1</sup> a 25<sup>0</sup>C.

<sup>3</sup> SDT = Sólidos Totais Dissolvidos (mg. L<sup>-1</sup>).

<sup>4</sup> RAS = Relação de Adsorção de Sódio algumas vezes representada como Rna. Para determinado valor de RAS, a velocidade de infiltração aumenta à medida que aumenta a salinidade. Avalia-se o problema potencial de infiltração através da RAS e da CEA.

<sup>5</sup> A maioria das culturas arbóreas e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e ao cloreto; no caso de irrigação por superfície, usam-se os valores indicados.

<sup>6</sup> Significa nitrogênio em forma de nitrato expresso em termos de nitrogênio elementar.

**Tabela 8.** Análises de laboratório necessária para se interpretar a qualidade da água para irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Valores normais em água de irrigação
<b>Salinidade</b>			
<b>Conteúdo de sais</b>			
Condutividade elétrica	CEa	dS/m	0-3
Sais dissolvidos totais	SDT	mg/L	0-2000
<b>Cátions e ânions</b>			
Cálcio	Ca <sup>++</sup>	meq/L	0-20
Magnésio	Mg <sup>++</sup>	meq/L	0-5
Sódio	Na <sup>+</sup>	meq/L	0-40
Carbonatos	CO	meq/L	0-0,1
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/L	0-10
Cloreto	Cl <sup>-</sup>	meq/L	0-30
Sulfato	SO <sub>4</sub>	meq/L	0-20
<b>Nutrientes</b>			
Nitrato-Nitrogênio	NO	mg/L	
Amônio-Nitrogênio	NH	mg/L	0-10
Fosfato-Fósforo	PO	mg/L	0-5
Potássio	K <sup>+</sup>	mg/L	0-2
Vários			0-2
Boro	B	mg/L	
Acidez ou alcalinidade	pH		0-2
Relação de adsorção	RAS	(mmol/L)1/2	6-8,5

---

de sódio

---

<sup>1</sup>dS/m=deciSiemens/metro em unidades SI (1 mmho/cm=1 dS/m)

mg/L= miligramas/Litro=partes por milhão (ppm)

meq/L= miliequivalentes/Litro (meq/L=mg/L: peso equivalente). Em unidade SI, 1 meq/L= milimol/Litro corrigido segundo a carga eletrônica

<sup>2</sup>NO-N significa que o laboratório deverá determinar NO e expressá-lo em termos de equivalente químico de N. Da mesma forma, NH – N o laboratório determinará o NH mas o expressará, em termos de equivalentes químicos de N elementar. O nitrogênio total disponível para as plantas será a soma de equivalentes de nitrogênio. O mesmo método deverá ser utilizado para se expressar o fósforo.

<sup>3</sup>RAS é calculada a partir de Na, Ca e Mg em meq/L

### 3.6 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, em resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos aquáticos e diretrizes para o seu uso. As águas do Território Nacional são classificadas nas categorias doces, com salinidade igual ou menor que 0,5 ‰; salobras, as de salinidade entre 0,5 e 30 ‰ e salinas, as águas com salinidade acima de 30 ‰, divididas também, conforme o objetivo de uso, em treze classes de qualidade. Para as águas doces classes especial, 1, 2, 3 e 4; para as águas salobras classes especial, 1, 2, e 3, e, para as águas salinas, em classes especial, 1, 2 e 3 (UNIAGUA, 2005).

O CONAMA, em sua resolução nº 357 de 2005, classifica os recursos hídricos, segundo seus usos preponderantes, em nove classes:

1. As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

2. As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora;

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística.

3. As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca;

d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;

e) à irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora;

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística.

As águas doces até a classe 3 podem ser utilizadas para abastecimento humano (potável) após o tratamento adequado; uma vez realizado este tratamento, ela deve atender à portaria 2914 do Ministério da Saúde que apresenta as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Na Tabela 1, se encontram os principais parâmetros de potabilidade para cada elemento, conforme portaria 2914/11 do Ministério da Saúde.

Richards (1954) classificou a água para irrigação baseando-se na condutividade elétrica da água (CEa) como indicadora de risco para salinização e a razão de adsorção do sódio (RAS), como indicadora de risco de sodificação do solo, em quatro classes. Esta classificação de água é aceita em todo o mundo e é recomendada pelo Laboratório de Salinidade do Solo dos Estados Unidos (BERNARDO, 2006).

Para salinidade, as águas são divididas em quatro classes, C1, C2, C3 e C4, medidas essas que aumentam com a concentração de sais. Tais denominações e os limites são apresentados por Richards (1954), com as seguintes interpretações:

**C1** – água com salinidade baixa (Condutividade Elétrica entre 0 e 0,25 dS/m, a 25 ° C). Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária mas isto ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa;

**C2** – água com salinidade média (Condutividade Elétrica entre 0,25 e 0,75 dS/m, a 25 °C). Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade;

**C3** – água com salinidade alta (Condutividade Elétrica entre 0,75 e 2,25 dS/m, a 25 °C). Não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem, mas nos solos com drenagem adequada, se pode necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade. Pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais;

**C4** – água com salinidade muito alta (Condutividade Elétrica entre 2,25 e 5 dS/m, a 25 °C). Não é apropriada para irrigações sob condições normais mas pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito

permeáveis e com drenagem adequada, devendo ser aplicado excesso de água nas irrigações, para ter lixiviação. A água somente deve ser usada para culturas tolerantes aos sais.

Com respeito à Razão de Adsorção de Sódio (RAS), ela se baseia essencialmente no efeito do sódio trocável nas condições físicas do solo, causando problemas de infiltração pela redução de permeabilidade (MENDES, 2007). Richards (1954), dividiu as águas em quatro classes tomando por base valores limites da RAS, em função da CEa, com as seguintes interpretações:

**S1** – Água com baixa concentração de sódio ( $RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE$ ). Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

**S2** – Água com concentração média de sódio ( $18,87 - 4,44 \log CE < RAS < 31,31 - 6,66 \log CE$ ). Só pode ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade. Sob condições restritas de lixiviação ela apresenta um perigo de sodificação considerável em solos de textura fina e com alta capacidade de troca catiônica (CTC).

**S3** – Água com alta concentração de sódio ( $31,31 - 6,66 \log CE < RAS \leq 43,75 - 8,87 \log CE$ ). Pode produzir níveis críticos de sódio trocável na maioria dos solos, fazendo-se necessário práticas especiais de manejo do solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica.

**S4** – Água com muito alta concentração de sódio ( $RAS > 43,75 - 8,87 \log CE$ ). Geralmente, é imprópria para irrigação mas pode ser usada ocasionalmente em solos bem drenados ou com presença de gesso.

### **3.7 CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A USSL**

Dentre os critérios existentes para classificar a água para uso na irrigação, um dos mais aceitos e usados, o do United States Salinity Laboratory (USSL), de Riverside. Este método baseia-se na razão de adsorção de sódio (SAR) e na condutividade elétrica (CE) da água. As categorias de água para irrigação segundo o USSL são:

C0: - águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação;

C1: - águas de salinidade fraca, CE compreendida entre 100 e  $\mu\text{mhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  (sólidos dissolvidos: 64 a 160 mg/L). Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de incidentes provenientes da salinização do solo, exceto se a permeabilidade do solo for extremamente fraca; —

C2 : - águas de salinidade média, CE entre 250 e 750  $\mu\text{mhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  (sólidos dissolvidos: 160 a 480 mg/L). Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ainda serem cultivados na maioria dos casos;

C3: - águas de alta salinidade, CE entre 750 e 2250  $\mu\text{mhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  (sólidos dissolvidos: 480 a 1440 mg/L). Só Podem ser utilizadas em solos bem drenados. Mesmo em solos bem cuidados, devem ser tomadas precauções especiais para evitar a salinização, e apenas os vegetais de alta tolerância salina devem ser cultivados;

C4: - águas de salinidade muito alta, com CE entre 2250 e 5000  $\mu\text{mhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  (sólidos dissolvidos: 1440 a 3200 mg/L). Geralmente não servem para irrigação, podendo ser, excepcionalmente, utilizadas em solos arenosos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados. Apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados nestas condições;

C5: - águas de salinidade extremamente alta, CE entre 5000 e 20000  $\mu\text{mhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  (sólidos dissolvidos: 3200 a 12800 mg/L). São águas utilizáveis apenas em solos excessivamente permeáveis e muito bem cuidados. A única excessão, o cultivo de palmeiras;

S1: - águas fracamente sódicas. Podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Se prestam ao cultivo de quase todos os vegetais;

S2: - águas medianamente sódicas, apresentam perigo de sódio para solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions. Podem ser utilizados nos solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica), com boa permeabilidade;

S3: - águas altamente sódicas. Ha perigo de formação de teores nocivos de sódio na maioria dos solos, salvo os gipsíferos. Exigem tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica), e podem ser utilizadas em vegetais com alta tolerância ao sódio;

S4: - águas extremamente sódicas, geralmente imprestáveis para a irrigação, salvo se a salinidade global for fraca, ou pelo menos média. Podem ser aplicadas em solos altamente drenáveis ricos em carbonatos;

Dentro da competência do CONAMA, para a proteção das águas subterrâneas destacam-se as seguintes resoluções:

Resolução CONAMA n.º 002, de 22 de agosto de 199, disciplina sobre as cargas deterioradas, contaminadas, fora de especificação ou abandonadas são tratadas como fontes potenciais de risco para o meio ambiente.

Resolução CONAMA n.º 273, de 29 de novembro de 2000, dispõe sobre a obrigatoriedade de prévio licenciamento do órgão ambiental competente para localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis.

Resolução CONAMA n.º 357, de 17 março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, classifica as águas doce a salobras. Estabelece padrões Classe 3 para dessedentação de animais e dá outras providências.

Resolução CONAMA n.º 396, de 03 de abril de 2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, classifica as águas subterrâneas e dentre outros, estipula padrões de qualidade para dessedentação de animais e dá outras providências.

Resolução CONAMA n.º 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. A Lei n.º 9.433/97 que regulamentou o art. 21, XIX, da CF/88, instituindo a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece as regras gerais 13 para gestão e proteção dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, destacando-se como instrumentos para efetividade desta Política, os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes; a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações

sobre Recursos Hídricos, aliados à gestão participativa da água com a criação dos Comitês de Bacia Hidrográfica .

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelo art. 8o, inciso VII, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e o que consta do Processo no 02000.003671/2005-71, e

Considerando que o art. 26 da Constituição Federal inclui entre os bens dos Estados as águas subterrâneas;

Considerando que a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, visa assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental através da racionalização do uso dos meios, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;

Considerando a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, particularmente em seus arts. 9o e 10 que tratam do enquadramento dos corpos de água em classes, ratifica que cabe à legislação ambiental estabelecer as classes de corpos de água para proceder ao enquadramento dos recursos hídricos segundo os usos preponderantes;

Considerando que a Resolução no 12, de 19 de julho de 2000, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH, determina que cabe às Agências de Águas ou de Bacias, no âmbito de sua área de competência, propor aos respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas o enquadramento de corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes;

Considerando que a Resolução no 15, de 11 de janeiro de 2001, do CNRH, estabelece que o enquadramento dos corpos de água em classes dar-se-á segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes, a serem especificamente definidos;

Considerando a necessidade de integração das Políticas Nacionais de Gestão Ambiental, de Gestão de Recursos Hídricos e de uso e ocupação do solo, a fim de garantir as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas;

Considerando que os aquíferos se apresentam em diferentes contextos hidrogeológico e podem ultrapassar os limites de bacias hidrográficas, e que as águas subterrâneas possuem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com

variações hidrogeoquímicas, sendo necessário que as suas classes de qualidade sejam pautadas nessas especificidades;

Considerando ser a caracterização das águas subterrâneas essencial para estabelecer a referência de sua qualidade, a fim de viabilizar o seu enquadramento em classes;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando que a prevenção e controle da poluição estão diretamente relacionados aos usos e classes de qualidade de água exigidos para um determinado corpo hídrico subterrâneo;

Considerando a necessidade de se promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que poluídas ou contaminadas, sua remediação é lenta e onerosa, resolve: Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

## CAPÍTULO I

### DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições: I - águas subterrâneas: águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo; II - análises toxicológicas: análises químicas ou bioquímicas realizadas com a função de determinar compostos tóxicos, seus produtos de biotransformação ou seus efeitos em materiais biológicos de organismos potencialmente expostos; III - aquífero: corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos; IV - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros; V - classificação: qualificação das águas subterrâneas em função de padrões de qualidade que possibilite o seu enquadramento; VI - condição de qualidade: qualidade apresentada pelas águas subterrâneas, num determinado momento, frente aos requisitos de qualidade dos usos; VII - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento; VIII - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (Classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

IX - Limite de Detecção do Método (LDM): menor concentração de uma substância que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, pelo método utilizado; X - Limite de Quantificação Praticável (LQP): menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente com precisão e exatidão, pelo método utilizado; XI - Limite de Quantificação da Amostra (LQA): LQP ajustado para as características específicas da amostra analisada; XII - metas: realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório; XIII - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade ou quantidade das águas subterrâneas, em frequência definida; XIV - padrão de qualidade: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água, estabelecido com base nos valores de referência de qualidade e nos valores máximos permitidos para cada um dos usos preponderantes; XV - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água; XVI - remediação: técnica ou conjunto de técnicas utilizadas para a remoção ou atenuação dos contaminantes presentes na água subterrânea; XVII - teste de toxicidade: testes realizados com organismos específicos (animais, plantas, microrganismos ou culturas de células) sob condições padronizadas que permitem estabelecer os possíveis efeitos adversos da amostra avaliada; XVIII - usos preponderantes: principais usos das águas subterrâneas que incluem, consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação; XIX - Valor de Referência de Qualidade-VRQ: concentração ou valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea; e XX - Valor Máximo Permitido-VMP: limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea.

## CAPÍTULO II

### DA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 3o As águas subterrâneas são classificadas em: I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial; II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais; III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem

alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais; IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais; V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

### CAPÍTULO III

#### DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Art. 4o Os Valores Máximos Permitidos - VMP para o respectivo uso das águas subterrâneas deverão ser observados quando da sua utilização, com ou sem tratamento, independentemente da classe de enquadramento. Art. 5o As águas subterrâneas da Classe Especial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas. Art. 6o Os padrões das Classes 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade-VRQ, determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis-LQPs apresentados no Anexo I. Parágrafo único. Os parâmetros que apresentarem VMP para apenas um uso serão válidos para todos os outros usos, enquanto VMPs específicos não forem estabelecidos pelo órgão competente. Art. 7o As águas subterrâneas de Classe 1 apresentam, para todos os parâmetros, VRQs abaixo ou igual dos Valores Máximos Permitidos mais Restritivos dos usos preponderantes. Art. 8o As águas subterrâneas de Classe 2 apresentam, em pelo menos um dos parâmetros, Valor de Referência de Qualidade-VRQ superior ao seu respectivo Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr+ dos usos preponderantes. Art. 9o As águas subterrâneas de Classe 3 deverão atender ao Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr+ entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 10. As águas subterrâneas de Classe 4 deverão atender aos Valores Máximos Permitidos menos Restritivos-VMPr- entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água. Art. 11. As águas subterrâneas de Classe 5 não terão condições e padrões de qualidade conforme critérios utilizados nesta Resolução. Art. 12. Os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente. Parágrafo único. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes. Art. 13. Os órgãos competentes deverão monitorar os parâmetros necessários ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea, com base naqueles selecionados conforme o artigo 12, bem como pH, turbidez, condutividade elétrica e medição de nível de água. § 1º A frequência inicial do monitoramento deverá ser no mínimo semestral e definida em função das características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas dos aquíferos, das fontes de poluição e dos usos pretendidos, podendo ser reavaliada após um período representativo. § 2º Os órgãos competentes deverão realizar, a cada cinco anos, uma caracterização da qualidade da água contemplando todos os parâmetros listados no Anexo I, bem como outros que sejam considerados necessários. § 3º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas. § 4º A avaliação da qualidade da água subterrânea deverá ser complementada, quando tecnicamente justificado, por meio de testes de toxicidade com organismos apropriados para cada um dos usos ou por análises toxicológicas adequadas. § 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão às suas expensas. Art. 14. Independentemente dos valores máximos permitidos para as Classes 3 e 4, qualquer aumento de concentração de contaminantes deverá ser monitorado, sua origem identificada e medidas adequadas de prevenção e controle deverão ser adotadas pelos órgãos competentes. Art. 15. As amostragens e as análises de água subterrânea e sua interpretação para avaliação da condição de qualidade serão realizadas pelo órgão competente, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado. Art. 16. As amostragens e análises das águas subterrâneas deverão ser realizadas por

laboratórios ou instituições que possuam critérios e procedimentos de qualidade aceitos pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento. Art. 17. Para atendimento desta Resolução, as amostragens, as análises e o controle de qualidade para caracterização e monitoramento das águas subterrâneas deverão adotar os seguintes procedimentos mínimos: I - as amostras de água subterrânea deverão ser coletadas utilizando métodos padronizados em pontos de amostragem que sejam representativos da área de interesse; II - no caso da amostragem ser realizada em poços tubulares e de monitoramento, estes deverão ser construídos de acordo com as normas técnicas vigentes; Qualidade da água  
RESOLUÇÃO CONAMA nº 396 de 2008 312 RESOLUÇÕES DO CONAMA  
RESOLUÇÕES DO CONAMA III - as análises deverão ser realizadas em amostras íntegras, sem filtração ou qualquer outra alteração, a não ser o uso de preservantes que, quando necessários, deverão seguir as normas técnicas vigentes; IV - as análises mencionadas no inciso III, quando tecnicamente justificado, deverão também ser realizadas na fração dissolvida; V - as análises físico-químicas deverão ser realizadas utilizando-se métodos padronizados, em laboratórios que atendam aos limites de quantificação praticáveis, listados no Anexo I desta Resolução; VI - no caso de uma substância ocorrer em concentrações abaixo dos limites de quantificação praticável-LQP, aceitar-se-á o resultado como ausente para fins de atendimento desta Resolução; VII - no caso do limite de quantificação da amostra-LQA ser maior do que o limite de quantificação praticável-LQP, este também será aceito para atendimento desta Resolução, desde que tecnicamente justificado; e VIII - no caso de a substância ser identificada na amostra entre o LDM e o LQA, o fato deverá ser reportado no laudo analítico com a nota de que a concentração não pode ser determinada com confiabilidade, não se configurando, neste caso, não conformidade em relação aos VMPs definidos para cada classe. Art. 18. Os resultados das análises deverão ser reportados em laudos analíticos contendo, no mínimo: I - identificação do local da amostragem, data e horário de coleta entrada da amostra no laboratório, anexando a cadeia de custódia; II - indicação do método de análises utilizado para cada parâmetro analisado; III - limites de quantificação praticados pelo laboratório e da amostra, quando for o caso, para cada parâmetro analisado; IV - resultados dos brancos do método e “surrogates” (rastreadores); V - incertezas de medição para cada parâmetro; e VI - ensaios de adição e recuperação dos analitos na matriz (spike). Parágrafo único. Outros documentos, tais como cartas controle, cromatogramas e resultados obtidos em ensaios

de proficiência, poderão ser solicitados a qualquer tempo pelo órgão ambiental competente. Art. 19. Os órgãos competentes poderão acrescentar outras condições e padrões de qualidade para as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica, bem como estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário.

#### CAPÍTULO IV

#### DAS DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 20. Os órgãos ambientais em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos deverão promover a implementação de Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento, objetivando a proteção da qualidade da água subterrânea. Art. 21. Os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas. Parágrafo único. Os órgãos de gestão dos recursos hídricos, de meio ambiente e de saúde deverão articular-se para definição das restrições e das medidas de controle do uso da água subterrânea. Qualidade da água RESOLUÇÃO CONAMA nº 396 de 2008 RESOLUÇÕES DO CONAMA 313 Qualidade de Água Art. 22. As restrições e exigências da classe de enquadramento das águas subterrâneas, aprovado pelo conselho de recursos hídricos competente, deverão ser observadas no licenciamento ambiental, no zoneamento econômico-ecológico e na implementação dos demais instrumentos de gestão ambiental. Art. 23. A recarga artificial e a injeção para contenção de cunha salina em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, das Classes 1, 2, 3 e 4, não poderá causar alteração da qualidade das águas subterrâneas que provoque restrição aos usos preponderantes. Art. 24. A injeção em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses com o objetivo de remediação deverá ter o controle dos órgãos competentes com o objetivo de alcançar ou manter os padrões de qualidade para os usos preponderantes e prevenir riscos ambientais. Parágrafo único. A injeção a que se refere o caput deste artigo não deverá promover alteração da condição da qualidade dos aquíferos, conjunto

de aquíferos ou porção desses, adjacentes, sobrejacentes e subjacentes, exceto para sua melhoria. Art. 25. Nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses onde ocorrerem injeção ou recarga, conforme especificado nos arts. 21 e 22, deverá ser implantado um programa específico de monitoramento da qualidade da água subterrânea. Art. 26. Nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, em que as águas subterrâneas estão enquadradas em Classe 5, poderá ser admitida a injeção direta, mediante controle dos órgãos competentes, com base em estudos hidrogeológicos apresentados pelo interessado, demonstrando que a injeção não provocará alteração da condição de qualidade em relação ao enquadramento das águas subterrâneas adjacentes, sobrejacentes e subjacentes, por meio de monitoramento. Art. 27. A aplicação e disposição de efluentes e de resíduos no solo deverão observar os critérios e exigências definidos pelos órgãos competentes e não poderão conferir às águas subterrâneas características em desacordo com o seu enquadramento. § 1º A aplicação e a disposição, referidas no caput, não serão permitidas nos casos em que as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses estejam enquadrados na Classe Especial. § 2º A aplicação e a disposição serão precedidas de plano específico e programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea a serem aprovados pelo órgão competente.

## CAPÍTULO V

### DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 28. O enquadramento das águas subterrâneas dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, observadas as diretrizes ambientais apresentadas neste Capítulo. Parágrafo único. De acordo com esta Resolução, o enquadramento das águas subterrâneas nas classes será efetuado com base nos usos preponderantes mais restritivos atuais ou pretendidos, exceto para a Classe 4, para a qual deverá prevalecer o uso menos restritivo. Art. 29. O enquadramento das águas subterrâneas será realizado por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo as captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados no mínimo: I - a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica; II - a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição; Qualidade da água  
RESOLUÇÃO CONAMA nº 396 de 2008 314 RESOLUÇÕES DO CONAMA

RESOLUÇÕES DO CONAMA III - o cadastramento de poços existentes e em operação; IV - o uso e a ocupação do solo e seu histórico; V - a viabilidade técnica e econômica do enquadramento; VI - a localização das fontes potenciais de poluição; e VII - a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas. Art. 30. Nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, em que a condição de qualidade da água subterrânea esteja em desacordo com os padrões exigidos para a classe do seu enquadramento, deverão ser empreendidas ações de controle ambiental para a adequação da qualidade da água à sua respectiva classe, exceto para as substâncias que excedam aos limites estabelecidos devido à sua condição natural. § 1º As ações de controle ambiental referidas no caput deverão ser executadas em função das metas do enquadramento, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias. § 2º A adequação gradativa da condição da qualidade da água aos padrões exigidos para a classe deverá ser definida levando-se em consideração as tecnologias de remediação disponíveis, a viabilidade econômica, o uso atual e futuro do solo e das águas subterrâneas, devendo ser aprovada pelo órgão ambiental competente. § 3º Constatada a impossibilidade da adequação prevista no parágrafo anterior, deverão ser realizados estudos visando o reenquadramento da água subterrânea. § 4º Medidas de contenção das águas subterrâneas deverão ser exigidas pelo órgão competente, quando tecnicamente justificado. Art. 31. Os estudos para enquadramento das águas subterrâneas deverão observar a interconexão hidráulica com as águas superficiais, visando compatibilizar as respectivas propostas de enquadramento. Art. 32. Ficam estabelecidos como condicionantes para o enquadramento das águas subterrâneas em Classe 5 que as mesmas estejam em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, confinados, e que apresentem valores de Sólidos Totais Dissolvidos superiores a 15.000 mg/L.

## CAPÍTULO VI

### DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 33. A classe de enquadramento das águas subterrâneas, bem como sua condição de qualidade, deverão ser divulgadas, periodicamente, pelos órgãos competentes por meio de relatórios de qualidade e placas de sinalização nos locais de monitoramento. Art. 34. Os Valores Máximos Permitidos-VMP e os Limites de Quantificação Praticáveis-LQP, constantes no Anexo I, deverão ser reavaliados a cada cinco anos, ou em menor prazo quando tecnicamente justificado. Parágrafo único. Os

órgãos competentes gestores podem, a qualquer momento, incluir outros usos da água subterrânea ou substâncias não listadas, desde que tecnicamente justificado, definindo seus respectivos VMP e LQP. Art. 35. Deverão ser fomentados estudos para definição de Valores Máximos Permitidos que reflitam as condições nacionais, especialmente para dessedentação de animais e irrigação. Art. 36. Nas regiões onde houver ocorrência de elementos radioativos, os órgãos competentes deverão caracterizar radioquimicamente as águas subterrâneas. Art. 37. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

### **3.8 INCRUSTAÇÃO E CORROSÃO**

O comportamento agressivo ou incrustante das águas subterrâneas é verificado através da correlação entre o pH medido e o pHe, que é o pH de equilíbrio (LASTORIA, 2002; FEITOSA, 2008). Sua tendência corrosiva/incrustante determina se ocorrerão estas alterações no sistema de exploração e podem ser avaliadas pelo Índice de Saturação de Langelier (LSI - Lagelier Saturation Index) e pelo Índice de Estabilidade de Ryznar (RSI - Ryznar Stability Index).

Apesar da determinação do LSI e RSI em águas subterrâneas ser pouco empregada, muito provavelmente pelo fato de não indicarem a potabilidade destas águas para o consumo humano, esses índices podem nortear os executores dos poços tubulares quanto aos tipos de materiais e equipamentos que devem ser utilizados nessas obras, bem como quanto à frequência e o período de manutenção, visando ao aumento da sua vida-útil. No caso de águas incrustantes, pode ocorrer a redução de sua vazão de exploração; em poços com águas corrosivas, tem se constatado o rompimento do tubo edutor e queda do conjunto moto-bomba, podendo causar a perda do poço devido à inviabilidade de retirada do equipamento. Complementarmente, poderiam ser previstos tratamentos físico-químicos para a inibição das ações corrosivas ou incrustantes ao longo da rede de distribuição de água (CAVAZZANA 2012).

O cálculo é feito tomando-se a diferença entre o pH medido da água e o pHe (Equação 1), quando esta mesma água apresenta-se saturada com CaCO<sub>3</sub> ou em equilíbrio (pHe), parâmetro obtido pela relação entre os coeficientes A, B, C e D (Equação 2), determinados pelas respectivas Equações 3, 4, 5 e 6, sendo a interpretação dos resultados conforme apresentado na Tabela 1.

$$LSI = pH - pHe \text{ (Equação 1)}$$

$$pHe = (9,3 + A + B) - (C + D) \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

$$A = (\text{Log}10[\text{STD}] - 1)/10 \text{ (Equação 3)}$$

$$B = [-13,12 \cdot \text{Log}10(T + 273)] + 34,55 \text{ (Equação 4)}$$

$$C = \text{Log}10[\text{Ca}^{2+}] - 0,4 \text{ (Equação 5)}$$

$$D = \text{Log}10[\text{Alcalinidade}] \text{ (Equação 6)}$$

NOTAS: STD = Total de sólidos dissolvidos (mg/L);  
 $\text{Ca}^{2+}$  = Concentração de Cálcio;  
 T = Temperatura em °C.

Índice de Saturação de Langelier (LSI)

$$LSI = pH - pHe$$

Pelo Índice de Langelier (1946, apud GRADES, 2004), o valor negativo do LSI corresponde ao caráter agressivo das águas, ou seja, tendência de corrosão. Se for positivo, corresponde ao caráter incrustante das águas, tendendo a formar precipitados e causar obstruções. Nesse caso há a supersaturação de  $\text{CaCO}_3$ . Quando o LSI se apresenta nulo, há um equilíbrio calco-carbônico, tornando a água nem incrustante e nem agressiva. Grades (2004) propõe uma classificação detalhada dos valores do LSI (Tabela 9).

### ÍNDICE DE ESTABILIDADE DE RYZNAR (RSI)

$$RSI = 2 \times pHe - pH.$$

A severidade da corrosão ou precipitação, pode ser classificada também pelo Índice de Ryznar (1944, apud GRADES, 2004). De acordo com Grades (2004) a variação dos valores de RSI é mostrada na Tabela 9.

**Tabela 9.** Classificação dos valores do LSI e do RSI, adaptado de Grades (2004).

Valor LSI	Indicação	Valor de RSI	Indicação
>4	Incrustação severa	>4	Incrustação severa
3 a 4	Incrustação moderada	4 a 5	Incrustação forte
1 a 3	Incrustação suave	5 a 6	Incrustação leve
0,5 a 1	Incrustação muito suave	6 a 7	Balanceado
-0,5 a 0,5	Balanceado	7 a 7,5	Corrosão moderada
-0,5 a -2	Corrosão suave	7,5 a 9	Corrosão forte

- 2 a -5	Corrosão moderada	>9	Corrosão severa
< -5	Corrosão severa		

A severidade da corrosão ou precipitação de carbonato de cálcio pode ser classificada pelo Índice de Estabilidade (Ryznar, 1944):  $IE = 2pH_c - pH_a$ . Se IE for menor que 5 poderão ocorrer incrustações acentuadas, de 5 a 6 ocasionarão incrustações em parte aquecidas, de 6 a 6,5 não ocorrerá problema (neutralidade), de 6,5 a 7 poderá haver corrosão leve, de 7 a 8 poderá ocasionar corrosão em partes aquecidas e acima de 8 poderá ocorrer corrosão acentuada.

Pode-se prever a natureza da água, precipitante ou corrosiva, através do cálculo do Índice de Saturação do Carbonato de Cálcio na solução, ou Índice de Langelier (Langelier, 1936):  $IS = pH_a - pH_c$ , onde  $pH_c$  é o pH teórico da água que esta alcançaria em equilíbrio com o  $CaCO_3$  e o  $pH_a$  é o pH atual da água. Se IS for negativo, há subsaturação de  $CaCO_3$  e tendência da água ser corrosiva ou dissolver depósitos cálcicos; e se positivo, tendência para formação de precipitados e causar obstruções.

### 3.9 CARBONATO DE SÓDIO RESIDUAL

Na avaliação da qualidade da água para irrigação, em relação ao perigo de sódio, considera-se, além da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) o Carbonato de Sódio Residual (CSR).

Normalmente na avaliação da qualidade da água de irrigação, no que diz respeito ao perigo de sódio ou de bicarbonato, utiliza-se além do RAS o Carbonato de Sódio Residual CSR expresso em meq/L (Eaton, 1950). Segundo Wilcox et al., (1954) água com CSR até 1,5meq/L não oferece nenhum perigo, é aceitável, com valores entre 1,5 e 2,5meq/L é considerada marginal, duvidosa e acima de 2,5meq/L não é adequada para irrigação, inadequada.

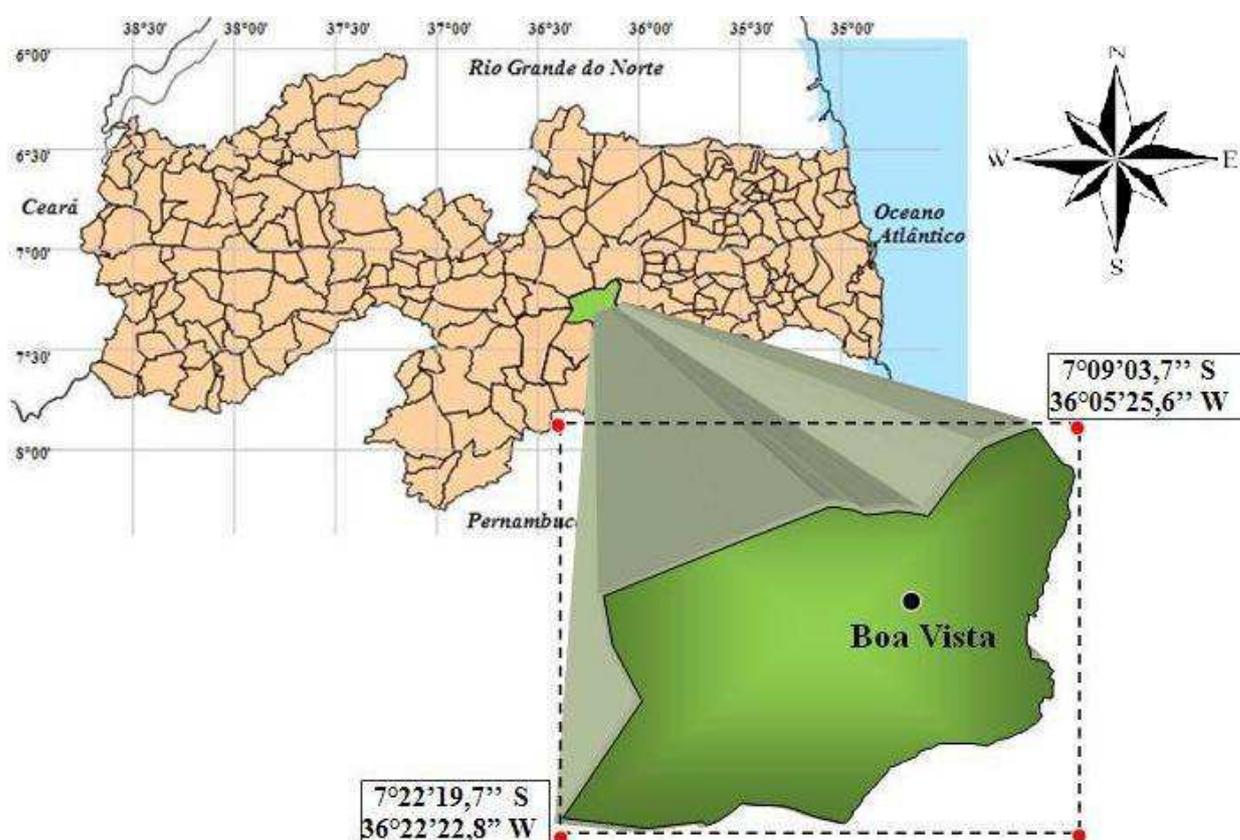
No caso de excesso de  $CO_3^{2-}$  e  $HCO_3^{-}$  com a evapotranspiração, a solução do solo fica mais concentrada e parte do  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  da solução e adsorvidos precipitam como carbonatos de cálcio e ou de magnésio, permanecendo no solo carbonato de sódio solúvel e sódio adsorvido nos colóides.

Segundo Eaton citado por Bernardo et al., (2005), a água pode ser classificada de acordo com a concentração de carbonato de sódio residual denominada CSR sendo determinada por a equação 1.

$$CSR = (CO_3 + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \text{ (Eq.1)}$$

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve como campo de investigação o município de Boa Vista, totalizando uma área de 446,30 Km<sup>2</sup>, localizada entre as coordenadas de latitudes 7°09'03,7" e 7°22'19,7" de latitude sul e 36°05'25,6" e 36°22'22,8" de longitude oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh', que significa semiárido quente, com precipitação média é de 416,3 mm/ano (AESAs, 2016)



**Figura 1.** Localização da área em estudo.  
Fonte: (SOUSA, 2007)

A água subterrânea é um recurso resultante de um processo no qual interagem o clima e seus elementos com a fisiografia do Estado, recebendo também influência de sua constituição geológica (PARAÍBA, 1994). Destaque-se que no município não há condição de formação de grandes mananciais, em virtude da adversidade das condições climáticas e da fisiografia desfavorável, com solos rasos favorecendo muito mais ao escoamento superficial, uma cobertura vegetal rala e de pequeno porte e formações

rochosas de baixa permeabilidade, como as rochas ígneas e metamórficas, o que limita às fraturas a possibilidade de infiltração e possível armazenamento d'água subterrânea, apresentando o cristalino como único sistema aquífero.

Algumas das principais espécies vegetais com ocorrência no município de Boa Vista-PB são: umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.)), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), quixabeira (*Bumelia sertorium* Mart.), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), juremapreta (*Mimosa tenuiflora*), xique-xique (*Pilosocereus gounellei* Weber), macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult.f.) e mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) (NASCIMENTO e OLIVEIRA, 2005; AGRA *et al.*, 2007).

Segundo AESA (2011), o município de Boa Vista localizado no Estado da Paraíba possui no quadro de expectativas de acumulado de chuvas anuais com climatologia inferior a 500 mm por ano. Durante a pesquisa município teve acolhimento de águas muito abaixo do que é considerada média (climatologia) para o local.

Verifica-se a distribuição das chuvas acumuladas ao longo dos meses, durante cada ano, e neste município observa-se que existem características de variação temporal elevada entre os meses de janeiro a dezembro, além de representar valores pequenos e não regulares, e até o mês considerado de maior regime de chuva (março) chega a não chover praticamente nada (anos de 2013, 2012, 2010), que inviabiliza a maioria das culturas de ciclo anual, que necessitam em média de 300 a 500 mm num ciclo de 3 a 5 meses, não sendo assim uma climatologia esperada, suficiente para programação de eventuais explorações de agricultura de sequeiro. Os meses de agosto a dezembro com relação a alguns anos de acordo com a Tabela 10 são marcados pela baixa ou quase nenhuma precipitação pluviométrica. Período muito pequeno de chuvas e/ ou com irregularidades na distribuição ao longo do ano.

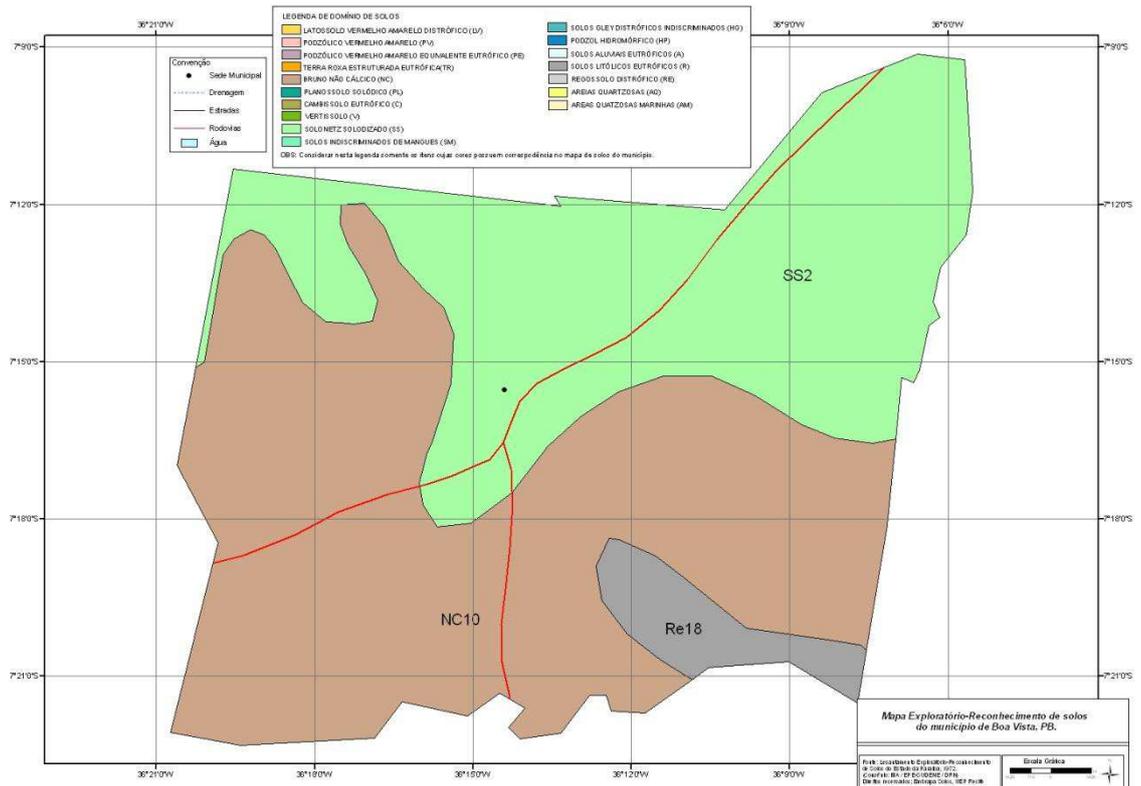
**Tabela 10.** Distribuição de chuvas acumuladas mensalmente, entre os anos de 2014 e 2015 no município de Boa Vista, PB.

Precipitação (mm)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agosto	Set	Out	Nov	Dez
Ano 2015	0,0	5,8	3,4	0,0	9,1	21,1	70,9	5,4				
Ano 2014	0,0	38,9	11,0	48,6	117,2	30,4	37,6	5,2	31,0	17,9	13,8	0,0
<b>Climatologia</b>	26,0	35,2	82,3	69,4	58,7	53,0	45,9	19,2	5,5	6,6	4,3	9,4

Fonte: AESA (2016)

Para ocorrer prosperidade e sustentabilidade em regiões com estas características, os solos a serem escolhidos para referidas práticas culturais, devem prevalecer solos profundos, de textura mediana para promover maior infiltração, além de ficar localizada em baixios, geralmente leitos de riachos pequenos ou linhas naturais de drenagem do terreno, quando ainda preservada, sem erosões.

Considerando os aspectos de perdas de água pela evapotranspiração potencial, onde no município vizinho de Boa Vista, indica uma perda potencial de 1.616,1 mm ano<sup>-1</sup> SUDENE (1984). Associado a uma expectativa de chuva muito baixa, existem solos rasos, sendo predominantes na região de solos Bruno não Cálcico grande parte composto de Planossolo solódico (Solonetz Solodizado) que tem muita influencia na liberação de sais durante o processo chuvoso, deixando os riachos com água salobra e salina, além de algumas manchas de Litólico Eutrófico (Figura 2) segundo a EMBRAPA (2016), tais condições são mais limitantes quando ao uso e capacidade de exploração agrícola do solo, exigindo consciência quanto a sua exploração produtiva.



**Figura 2.** Características predominantes de tipos de solos existentes na região do município de Boa Vista –PB . Fonte: EMBRAPA (2016)

As Classes de Capacidade de Uso das Terras segundo AESA (2014) são 03, com maior proporção de Terras não cultivada com severas limitações, terras íngremes mais susceptíveis a erosão, próprias para cultivos contínuos e que se prestam mais para lavoura esporádica, também existem Terras com pedregosidade, severamente erodidas, arenosas e encharcadas, próprias para o abrigo de fauna silvestre e preservação de flora natural. É necessário o cuidado em conservar os solos agrícolas, pois o mesmo está ligado à prosperidade de poder infiltrar mais água durante as chuvas, disponibilizar mais nutrientes e consequentemente garantir uma produção, mesmo em situações de intervalos mais longos de precipitação, visto que os solos dessa região são rasos e jovens e além do mais apresentam problemas com teores de sais em suas águas, tanto superficiais, quanto subterrâneas, exigindo maior conhecimento do potencial destas fontes para a comunidade rural ter maior segurança no seu uso.

Observa-se então que a melhor atividade para o município, de forma sustentável seria para atividades de cultivos contínuos que se prestam mais para lavoura esporádica, que ainda assim necessita de planejamento de obras de reserva hídrica que possa prover

em propriedades, a suficiência de água para a dessedentação animal, pois segundo o Projeto MAQUASU, financiado pela FUNASA-UFCG, percebe-se extremo risco de uso da água quanto ao teor de sais, e, portanto em muitas situações não é indicado o seu uso para dessedentação animal.

Observando a Figura 3, quanto à capacidade de uso do solo, observa-se que na legenda, a cor roxa indica-se “Terras com pedregosidade, severamente erodidas, arenosas e encharcadas, próprias para o abrigo de fauna silvestre e preservação de flora natural”, para manchas brancas “Terras íngremes mais susceptíveis a erosão, próprias para cultivos contínuos e que se prestam mais para lavoura esporádica” e para as manchas marrons “Terras não cultivadas com severas limitações para culturas permanentes e reflorestamento”.

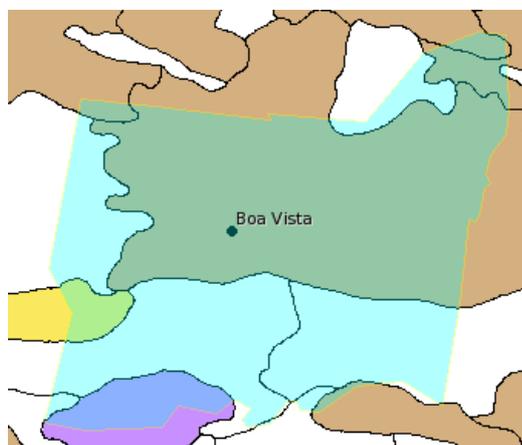


Figura 3. Características de Capacidade de uso do solo para região do município de Boa Vista –PB . Fonte: AESA (2016)

#### **4.1 CONDUÇÃO DOS TRABALHOS DE CAMPO**

A pesquisa teve início em outubro de 2014, estendendo-se até agosto 2015, onde teve repetições de coleta em 02 momentos, para obter a o máximo, mínimo, média e mediana dos teores de sais dos poços tubulares pesquisados.

#### **4.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS**

Em referência a primeira etapa foi coletada 86 amostras das fontes em todo o município, realizando-se um diagnóstico da qualidade da sua água subterrânea.

Em referência a segunda etapa foi coletada apenas 76 amostras das fontes em todo o município devido a alguns poços terem quebrado ou secado, realizando-se um diagnóstico da qualidade da sua água subterrânea. Como também os pontos foram

georreferenciados usando-se um GPS 12 XL(Figura 4), e fotografados com maquina digital.

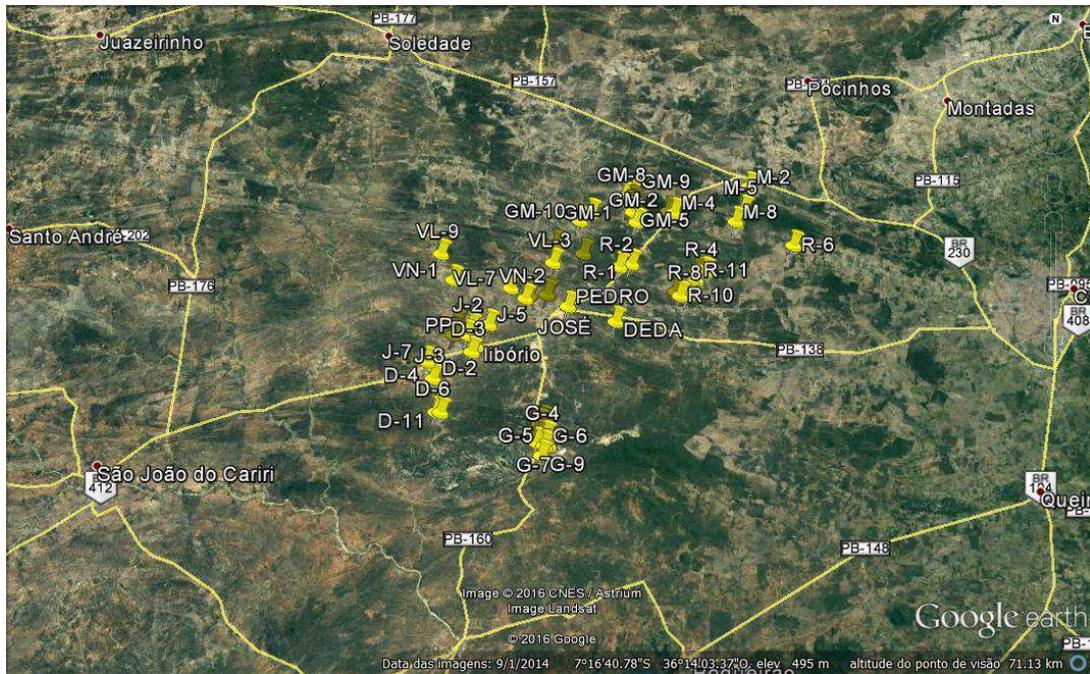


Figura 4: Pontos georreferenciados e usados no Google Earth, 2016

### 4.3 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA

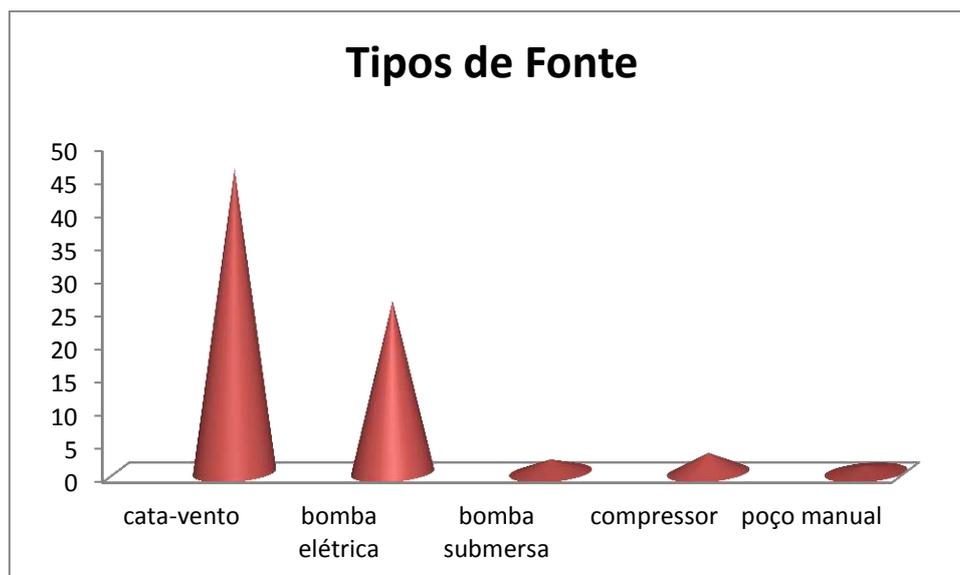
Para coleta das águas foram utilizadas garrafas plásticas de 2 litros, as quais foram lavadas com a água do poço tubular a ser analisada, as garrafas foram mergulhadas rapidamente com a boca para baixo, até uma profundidade de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água, e em seguida, inclinadas, direcionando suas bocas para cima (existiu preferencialmente coleta diretamente de tubos bombeados por cata-vento e em reservatórios fechados, evitando que a água tenha sofrido contaminação externa ou evaporado, produzindo concentração de sais não real a condição do poço). Depois das garrafas serem preenchidas até a borda, sem deixar espaço vazio (bolha de ar), foram fechadas, imediatamente, com as suas próprias tampas, de modo a não deixar vazamento. Após o procedimento de coleta as garrafas foram identificadas e trazidas ao laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG (Figura 5).



**Figura 5:** Águas analisadas no laboratório de irrigação e drenagem.

### 4.4 LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E TIPOS DE FONTE

Na figura 6 estão listados todos os tipos de fontes do município que foram coletadas amostras de água. A maior quantidade de amostras de água do município foram coletadas em cata-vento 46, bomba elétrica 26, bomba submersa 2, compressor 3, poço manual 1, as outras 10 amostras o poço ou estava seco ou tinha quebrado.



**Figura 6.** Tipos de fontes hídricas localizadas no município de Boa Vista-PB 2016

#### 4.5 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

As análises das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UAEAg/CTRN/UFCG), onde foram avaliadas as seguintes variáveis: pH, condutividade elétrica (CE), cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio (Mg), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e RAS.

Para análise dos resultados foram calculados valores por fórmulas de alcalinidade, dureza total, Sólidos Dissolvidos Totais, ISL e RSI. O comportamento das variáveis foi avaliado por meio das seguintes medidas descritivas: máximo, mínimo, mediana e média.

Já para sólidos totais dissolvidos usou-se CPRM (2012). Utilizou-se o excel para avaliar o comportamento das variáveis por meio das seguintes medidas descritivas: máximo, mínimo, mediana e média.

Para caracterizar hidroquimicamente as águas subterrâneas utilizou-se o Programa Qualigraf (MÖBÜS,2003).

Com a utilização do software Qualigraf foi possível utilizar 78 amostras de água que apresentaram a presença do sulfato, ou seja, nas amostras, as outras que não foram possíveis determinar, não foram usadas no Software.

As águas foram classificadas por alguns parâmetros quanto à conveniência para o consumo humano conforme a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e a Portaria do Ministério da Saúde N° 2914, de 12 de Dezembro de

2011 (BRASIL, 2011). Para os parâmetros; cálcio, magnésio e potássio, foram tomadas como a base as referências da Organização Mundial de Saúde (OMS, 1999) (Tabela 1).

Para irrigação foi utilizado a interpretação de Richards (1954) e a UCCC. A pesquisa foi realizada na região do município de Boa Vista-PB, nas comunidades rurais de Malhadinha, Bravo, São Joãozinho, Farinha, Roçado do Mato, Lajes, Rabicha, Santo Antônio, São Bento, Poço de Pedra, Caluête, Monte Alegre, Santa Rosa, Matumbo e Mônica.

Para os gráficos de correlação foi utilizado o coeficiente de Pearson. A correlação de Pearson foi utilizada para analisar a variação dos dados. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1 de acordo com o Quadro 1.

**Quadro 1 – Coeficiente de Correlação de Pearson**

Coeficiente de correlação	Correlação
$r=1$	Perfeita Positiva
$0,8 \leq r < 1$	Forte Positiva
$0,5 \leq r < 0,8$	Moderada Positiva
$0,1 \leq r < 0,5$	Fraca Positiva
$0 < r < 0,1$	Ínfima Positiva
0	Nula
$-0,1 < r < 0$	Ínfima Negativa
$-0,5 < r \leq -0,1$	Fraca Negativa
$-0,8 < r \leq -0,5$	Moderada Negativa
$-1 < r \leq -0,8$	Forte Negativa
$r = -1$	Perfeita Negativa

Fonte: [http://www.aurea.uac.pt/pdf\\_MBA/coef\\_correl\\_Pearson.pdf](http://www.aurea.uac.pt/pdf_MBA/coef_correl_Pearson.pdf)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva de todas as águas, coletadas ao longo do ano de novembro de 2014 a março de 2015, Tabela 11 abaixo, apresentaram uma média de condutividade elétrica de 7262,4 uS cm<sup>-1</sup> a 25 °C, e um coeficiente de variação de 51,4, classificada como inviável para consumo humano, dessedentação animal e irrigação. A média de sódio, magnésio, potássio e cloreto também ultrapassaram o VMP pela Portaria 2914/11 e a OMS sendo inapropriada neste parâmetro para consumo humano. O cálcio foi o único parâmetro que ficou abaixo do VMP com 194,6. O coeficiente de variação foi alto porque os valores diferem muito de uma fonte para outra.

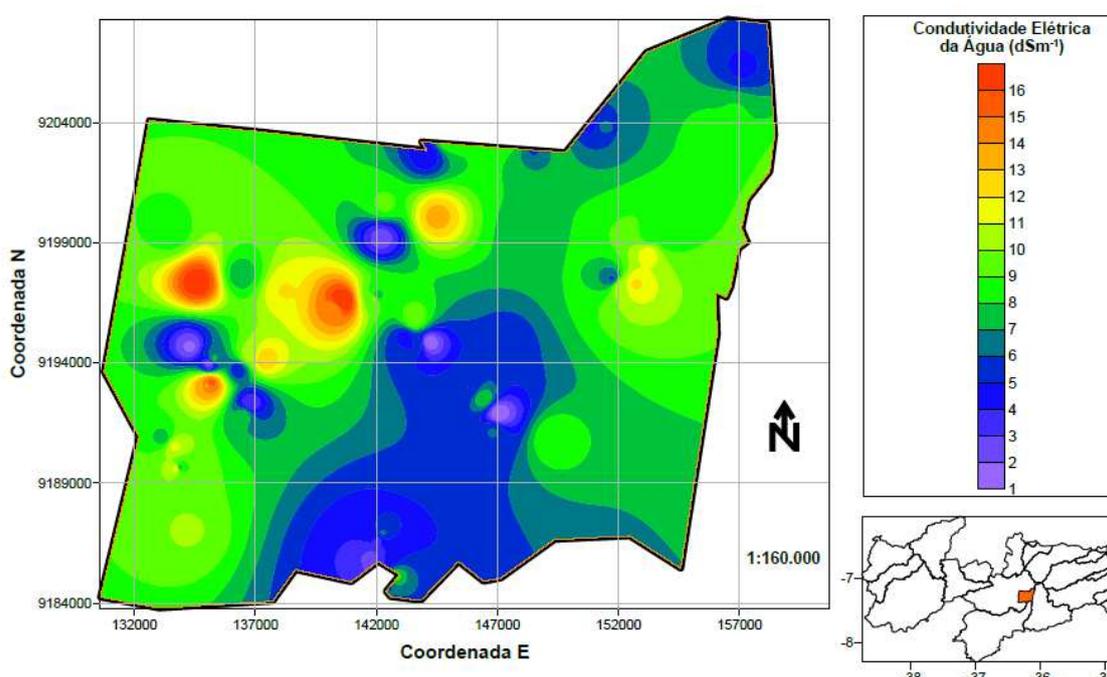
**Tabela 11:** Resultados dos principais parâmetros determinados nas amostras de águas, coletadas em fontes localizadas no estado da Paraíba.

	pH	CE lab	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Carbonato (mg/L)	Cloroato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Sulfato	RAS
Média	8,7	7262,4	194,6	259,4	1013,3	56,9	80,2	309,1	2437,3	82	11,4
Mediana	7,6	7190,0	141,6	237,1	92,0	24,6	57,6	301,6	2258,2	4	11,0
Desvio padrão	1677481095,4	3734,5	157,9	155,3	58,5	230,5	131,5	157,6	1520,0	Ausência	5,1
Máximo	10,1	17550,0	632,2	803,0	338,1	2152,0	1104,0	648,4	7768,1	Presença	36,0
Mínimo	6,1	690,0	6,8	11,5	10,2	3,9	0,0	59,2	35,5		1,3
Coeficiente de variação	334,2	51,4	81,1	59,9	57,8	405,3	163,8	51,0	62,4		44,9

Conforme os resultados da Tabela 11, com exceção do pH, ocorreu uma elevada variação na concentração dos demais parâmetros estudados (CE, Mg, Ca, Na, K, bicarbonato, cloreto e carbonato), também verifica-se que o coeficiente de variação foi muito alto nesses parâmetros, indicando uma elevada variabilidade na qualidade da água dos pontos amostrados. A condutividade elétrica das águas variou de 0,690 a 17,550 dS m<sup>-1</sup>.

## Mapa da condutividade elétrica da água do município de Boa Vista-PB

Esse mapa foi confeccionado no software surfer, a partir das coordenadas de latitude e longitude da região e com a condutividade elétrica da água de cada ponto, as condutividades variaram de 0,690 a 17,550 dS/m. As plantas halófitas desenvolvem-se naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas (tipicamente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), que podem variar de 4,5 a 14,0 dS/m (WILLADINO; CAMARA, 2005).



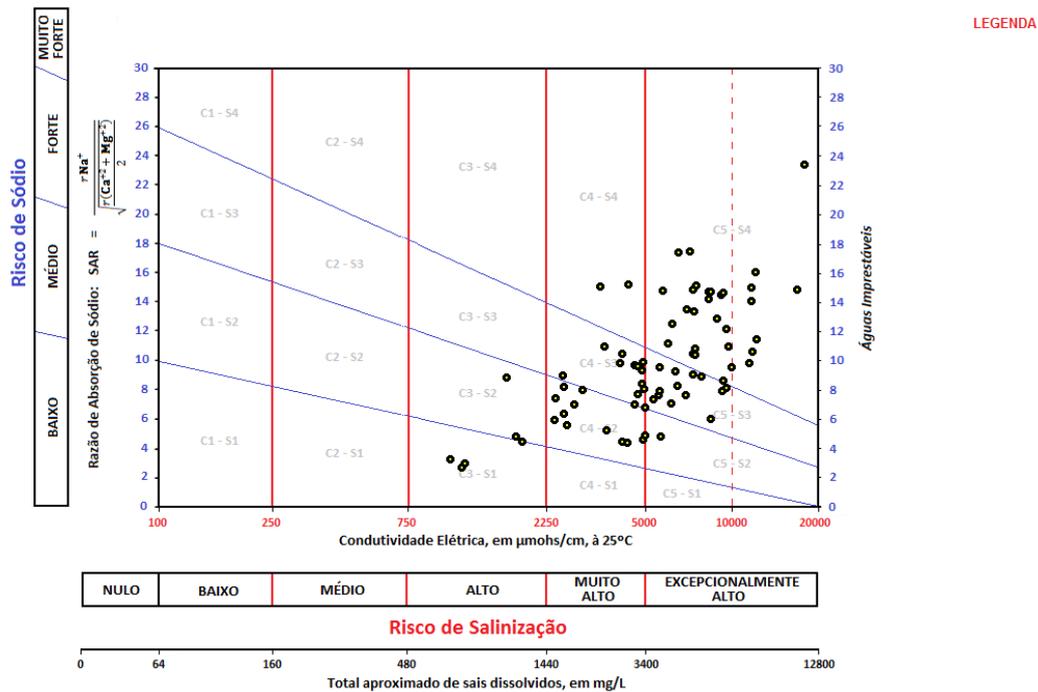
**Figura 7:** Condutividade elétrica da água da região de Boa Vista-PB.

### 5.1 Uso das águas

A adequação das águas para uso na irrigação está mostrada na Figura 8 que apresenta os diagramas de Razão de Adsorção de Sódio (RAS) com amostras de água subterrânea de Boa Vista, para o período de coleta.

A Figura 8 apresenta a classificação das águas para a irrigação, baseada nos valores de condutividade elétrica e na razão de adsorção de sódio (RAS), para as águas analisadas (U.S.D.A, 1954). Registra-se que a maioria das águas apresenta um perigo excepcionalmente alto de salinização do solo (C4) e um perigo muito forte de alcalinização (S4), indicando alta concentração de sódio não devendo, então, ser

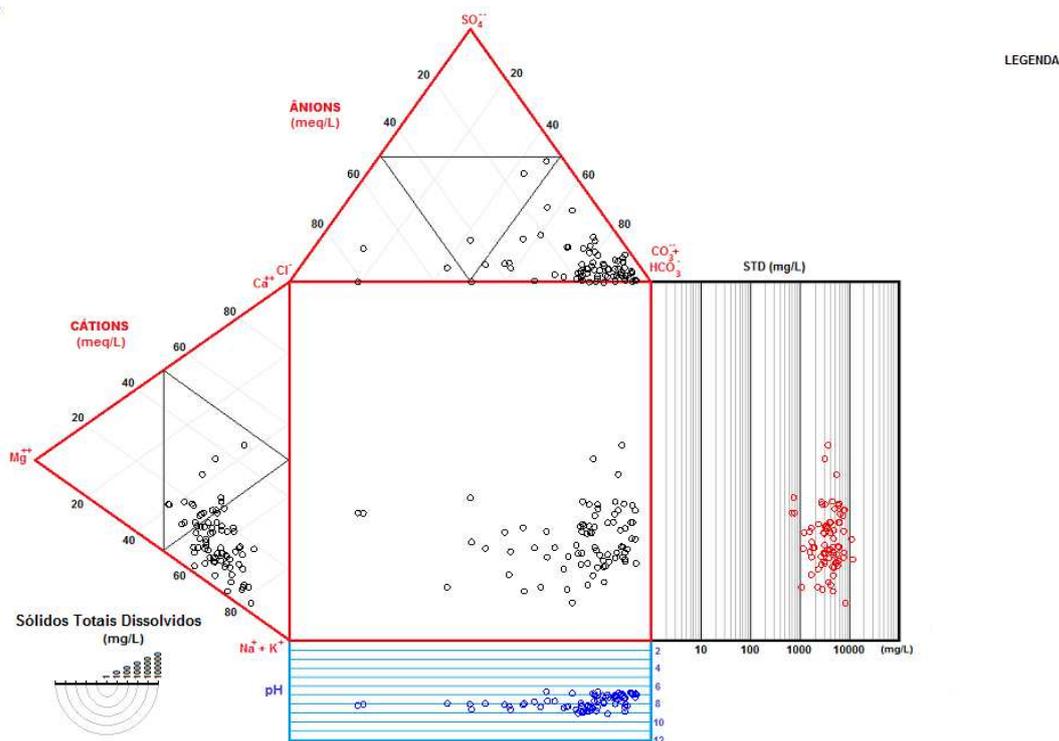
utilizada em qualquer tipo de solo, não sendo indicada para uso na irrigação (U.S.D.A.,1954).



**Figura 8:** Diagrama da USDA para as amostra de águas coletadas. Boa Vista, 2015  
Tendo em vista classificar as águas subterrâneas para serem utilizadas nos diferentes usos, os resultados das análises físico-químicas foram plotados em um diagrama de Piper (Figura 8), evidenciando os valores dos íons dominantes (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>) expressos em unidade de meq/L, determinados em laboratório.

## 5.2 DIAGRAMA DE PIPER

A caracterização hidroquímica das amostras do município de Boa Vista-PB foi feita através de Diagramas de Piper, que permitem classificar as águas quanto ao ânion e ao cátion predominantes (sem considerar sua concentração absoluta). A figura 9 apresenta os Diagramas de Piper com amostras de água subterrânea nos períodos de 2104 e 2015.



**Figura 9:** Diagrama de Piper

De acordo com o Quadro 2 a maioria das águas (69%) são classificadas como sódicas cloretadas, o que confirma com Silva Junior et al., (1999) que estudaram a composição química das águas do nordeste e relatam que os resultados mostraram que, de modo geral, as águas do cristalino do Nordeste brasileiro são cloretadas sódicas com alguma variação, de acordo com a litologia do local de origem.

**Quadro 2:** Classes das águas

<b>Classes das águas</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<b>Classes das Águas</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Sódicas	59	76	Cloretadas	71	91
Cálcicas	0	0	Bicarbonatadas	3	4
Magnesianas	0	0	Sulfatadas	0	0
Mistas (Cátions)	19	24	Mistas	4	5
<b>Classes das águas</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<b>Classes das águas</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Sódicas cloretadas	54	69	Magnesianas cloretadas	0	0
Sódicas	2	3	Magnesianas	0	0

Bicarbonatadas			bicarbonatadas		
Sódicas sulfatadas	0	0	Magnesianas sulfatadas	0	0
Sódicas mistas	3	4	Magnesianas mistas	0	0
Cálcicas cloretadas	0	0	Cloretadas mistas	17	22
Cálcicas bicarbonatadas	0	0	Bicarbonatadas mistas	1	1
Cálcicas sulfatadas	0	0	Sulfatadas mistas	0	0
Cálcicas mistas	0	0	Mistas	1	1

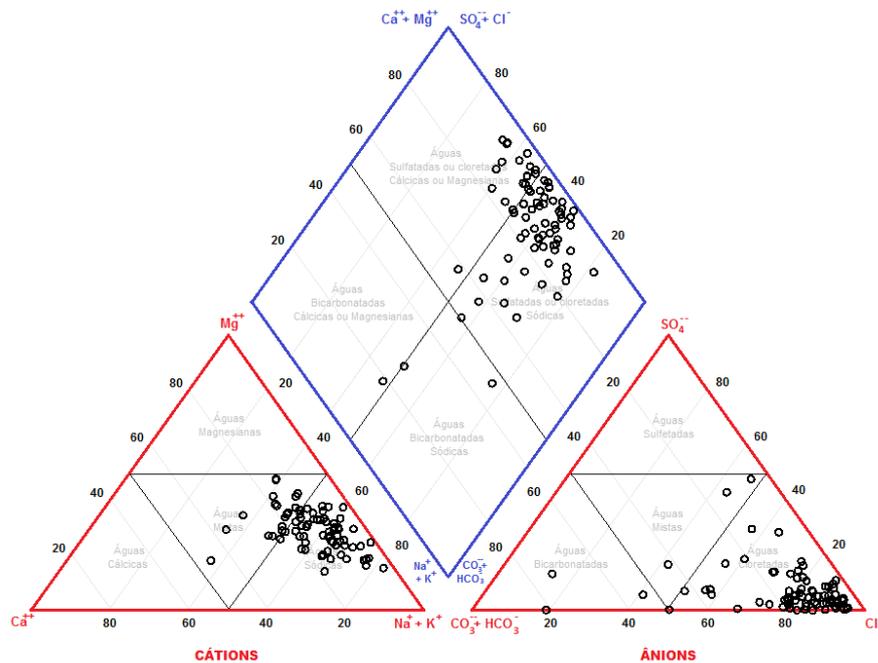
A maioria dos resultados das águas analisadas compactua com Silva Junior et al., (1999) que estudaram a composição química das águas do nordeste e relatam que os resultados mostraram que, de modo geral, as águas do cristalino do Nordeste brasileiro são cloretadas sódicas com alguma variação, de acordo com a litologia do local de origem.

### 5.3 Análise de Piper

De acordo com a tabela na avaliação da toxicidade com relação aos cátions, verifica-se que a maioria das amostras é de águas sódicas (76%) e águas mistas (24%).

As amostras se enquadraram em 3 classes em que, 69% são águas sódicas cloretadas; 3,0% sódicas bicarbonatadas e 4,0 % sódicas mistas.

As amostras analisadas se enquadraram enquanto aos ânions, percebe-se que a maioria das amostras foram enquadradas em águas cloretadas (91%), sendo 4,0% bicarbonatadas e 5% mistas. As amostras se enquadraram em 3 classes em que, 22% são águas cloretadas mistas; 1,0% bicarbonatadas mistas e 1% mistas.



**Figura 10:** Diagrama de Schöller e Berkaloff

Com o diagrama de Schöller e Berkaloff (Figura 11) podemos observar os demais parâmetros analisados, esse diagrama nos mostra simplificada a presença dos íons analisados com intuito de podermos analisar os padrões de potabilidade estabelecido pela legislação.



De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 podemos afirmar que 92,31% das águas analisadas são salgadas e apenas 7,69% são águas salobras e 0% doces (Figura 12). O que é confirmado pelo estudo realizado pelo CPRM (2011) através do Projeto Cadastro da Infraestrutura Hídrica do Nordeste, que tinha como ênfase as fontes de abastecimento por água subterrânea localizadas no semiárido do Nordeste, englobando os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, norte de Minas Gerais e Espírito Santo, dos 21.662 poços tubulares cadastrados nessa etapa, foi coletado 15.338 amostras de água e realizadas medidas de condutividade elétrica, a partir das quais foram obtidos os valores de Sólidos Totais Dissolvidos – STD para cada poço amostrado, revelando que apenas 25% dos poços cadastrados nessa área apresentam água doce, os demais 75% foram classificados como água salobra ou água salgada.

**Quadro 3:**

Classe	Nº	%	Classe	Nº	%
S1	3	4,0	C0	0	0,0
S2	16	21,0	C1	0	0,0
S3	26	33,0	C2	0	0,0
S4	33	42,0	C3	6	8,0
			C4	27	35,0
			C5	45	58,0

De acordo com o Quadro 3 podemos dizer que 4% das amostras são S1 água com baixa concentração de sódio pode ser usado na maioria dos solos possibilidade mínima de obter níveis perigosos de sódio trocável, 21% são S2 que são águas com concentração média de sódio solos com textura fina e com alta capacidade de troca catiônica apresentam risco de sodificação e solos e textura grossa ou orgânicos de boa permeabilidade não representa risco de sodificação, 33% são S3 apresentando alta concentração de sódio na maioria dos solos pode produzir níveis críticos de sódio trocável portanto é de fundamental importância um bom manejo de solo, boa drenagem alta lixiviação e incorporação de matéria orgânica e 42% são S4 com extrema concentração de sódio sendo imprópria para irrigação, podendo ser utilizada em solos com boa drenagem ou com presença de gesso. Podemos afirmar que 8% das amostras

são C3 água de alta salinidade que não deverá ser usada em solos com pouca drenagem, mas se os solos tiverem uma boa drenagem deverá ser feita práticas de controle de salinidade vegetais muito tolerantes aos sais, 35% são C4 águas inapropriadas para irrigação podendo ser utilizadas em casos especiais em que os solos são bastante permeáveis com drenagem adequada devendo ser aplicada em excesso para uma boa lixiviação e em culturas altamente tolerante aos sais e 58% são C5 água com salinidade extremamente alta excepcionalmente elevado risco de salinidade.

A figura 5 apresenta o número de amostras de cada classe de acordo com a classificação das águas descrita na metodologia; os resultados mostram que as águas das classes C1 e C2, que são as melhores são praticamente inexistentes.

O número de amostras na classe C3 também é em menor número, já para a classe C4 são em maior número. Portanto, como não houve recarga as água são deficientes quanto à qualidade e também quanto à potabilidade, possivelmente pela lixiviação de compostos poluidores dispostos na superfície.

Quadro 4: análise das amostras de água pelo qualigraf

Características	CE	RAS
Nº de Amostras	78	78
Valor Mínimo	1.040	2,7008
Valor Máximo	17.904	36.2106
Média Aritmética	6.432	10.2440
Média Geométrica	-	-
Variância	11.781,710	24.6395
Desvio Padrão	3.432	4.9638

De acordo com o Quadro 4 foram analisadas 78 amostras de água no software Qualigraf das quais o valor mínimo de condutividade elétrica da água foi de 1040 dS/m e o valor máximo de 17.904 dS/m, com média aritmética de 36.21 dS/m e um desvio padrão de 3.432 dS/m. Já para a RAS o valor mínimo foi de 2,70 e o valor máximo de 17.904 com média aritmética de 24.64 e um desvio padrão de 4.96.

Quadro 5: Classificação segundo a USSL pelo software qualigraf

Classe	Nº	%	Classe	Nº	%
C0S1	0	0,0	C3S1	3	3,8
C0S2	0	0,0	C3S2	3	3,8
C0S3	0	0,0	C3S3	0	0,0
C0S4	0	0,0	C3S4	0	0,0
C1S1	0	0,0	C4S1	0	0,0
C1S2	0	0,0	C4S2	12	15,4
C1S3	0	0,0	C4S3	13	16,7
C1S4	0	0,0	C4S4	2	2,6
C2S1	0	0,0	C5S1	0	0,0
C2S2	0	0,0	C5S2	1	1,3
C2S3	0	0,0	C5S3	13	16,7
C2S4	0	0,0	C5S4	31	39,7

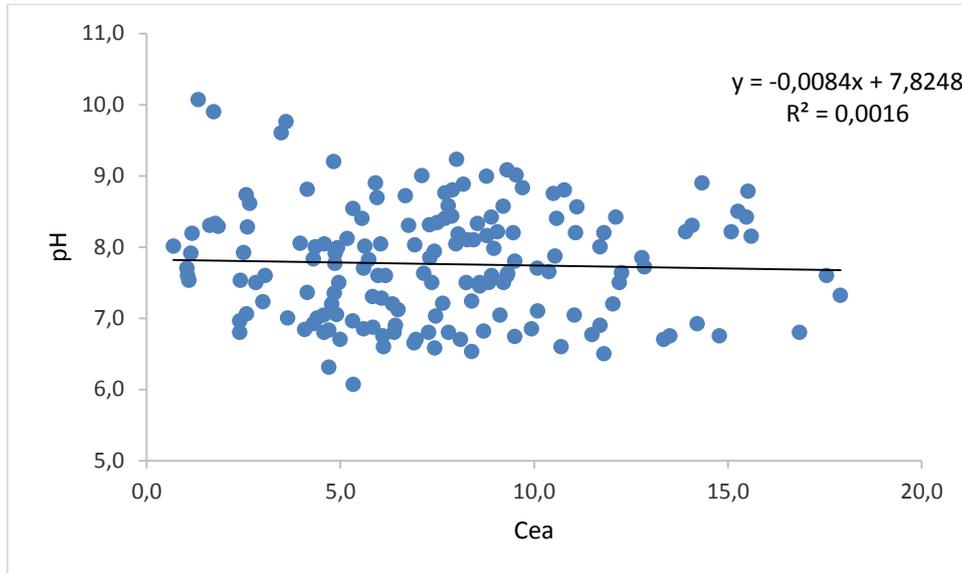
Das amostras analisadas 3,8% são C3S1 e 3,8% são C3S2, 15,4% são C4S2, 16,7% são C4S3 e 2,6% são C4S4. Cerca de 16,7% das amostras são C5S3, 39,7% são C5S4 (Figura 13).

Na Figura 13 verifica-se a classificação da água da irrigação quanto ao risco de salinidade e sodicidade conforme diagrama proposto por RICHARDS (1954). As águas dos poços variaram entre as classes C3S1 (risco de salinidade alto e de sodicidade baixo), C3S2 (riscos de salinidade alta e de sodicidade médio), C4S2 (riscos de salinidade muito alto e de sodicidade médio), C4S3 (riscos de salinidade muito alto e de sodicidade alto) C4S4 (riscos de salinidade muito alto e de sodicidade muito alto) C5S3 (riscos de excepcionalmente elevado de salinidade e de sodicidade alta) e C5S4 (riscos de excepcionalmente elevado salinidade e de sodicidade muito alto).

#### 5.4 Coeficiente de Pearson

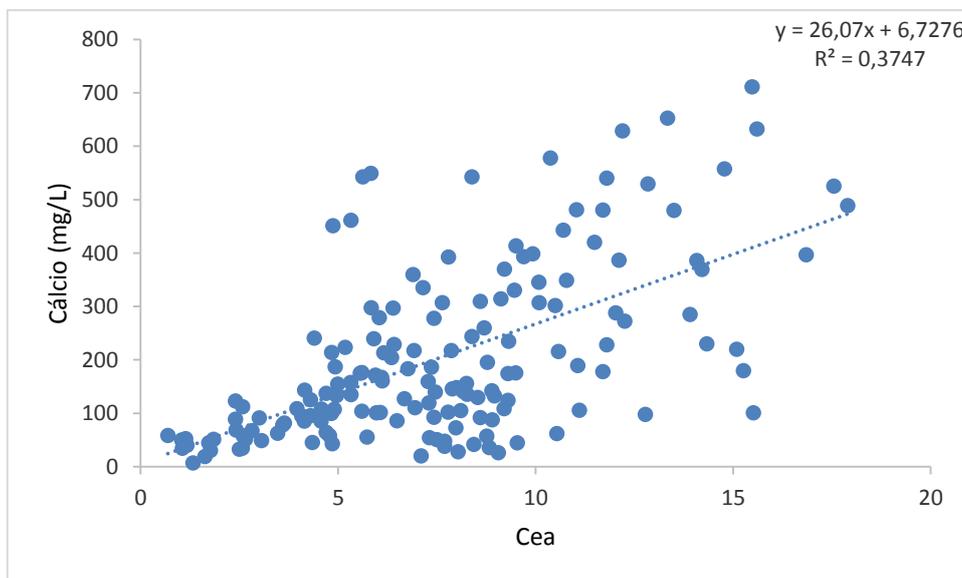
Para as análises do coeficiente de Pearson foi utilizado 78 amostras que possuía a presença do sulfato. O pH das águas subterrâneas não apresentaram uma tendência de variação com relação ao aumento da condutividade elétrica. O pH das fontes variaram

entre 6,07 e 10,1. Ambos independem do grau de salinidade (Figura 13). Neste caso, as variáveis não estão correlacionadas, ou seja, o pH de acordo com a figura abaixo não apresenta nenhuma correlação com a condutividade elétrica da água.



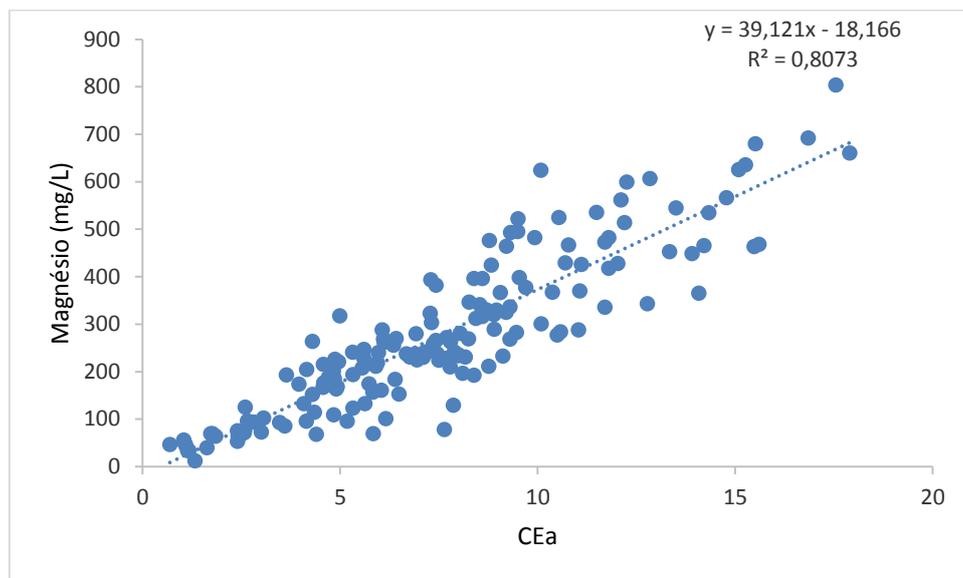
**Figura 13:** Potencial hidrogeniônico

Foram monitoradas as concentrações dos íons cálcio em relação à condutividade elétrica, segundo Ayers & Westcot (1991), os valores normais para água de irrigação variam de 0 a 400 mg/L o que representa 87,04% das amostras estão na faixa de valores normais, logo as canalizações não apresenta riscos de entupimentos devido a este elemento.



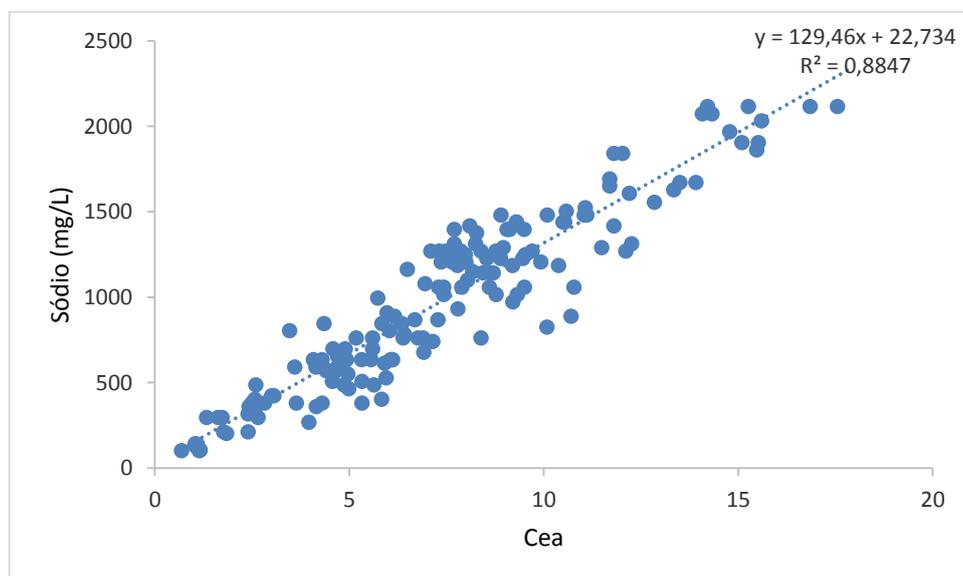
**Figura 14:** Cálcio

O cálcio de acordo com a figura acima apresenta até 5ds/m uma tendência linear do cálcio com a condutividade elétrica, acima de 5ds/m a tendência não é linear possuindo um coeficiente de correlação de acordo com a tabela de 0,61 apresentando uma moderada correlação com a condutividade elétrica da água (Figura 14).



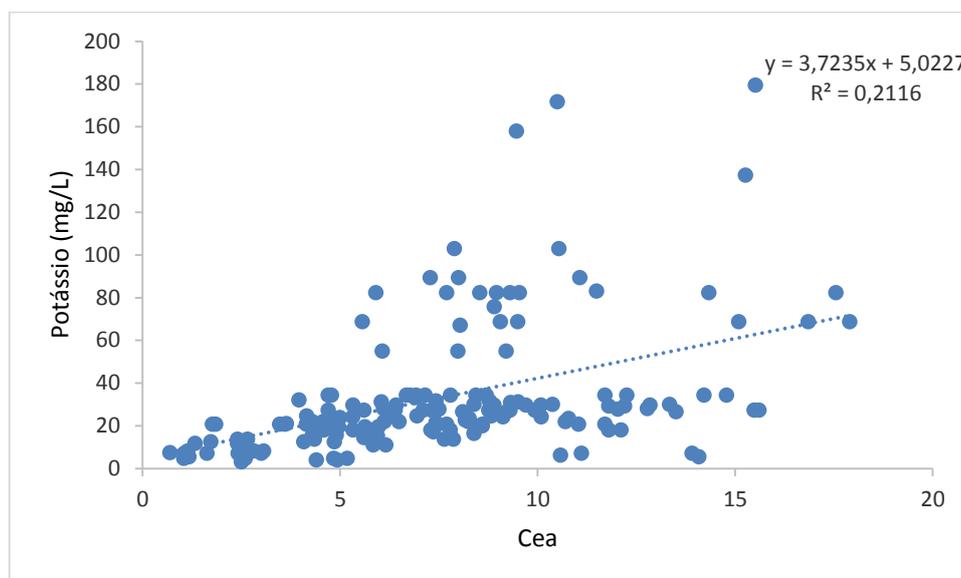
**Figura 15:** Magnésio

O magnésio de acordo com a figura acima apresenta uma tendência linear do com a condutividade elétrica, possuindo um coeficiente de correlação de acordo com a tabela de 0,90 apresentando uma forte correlação com a condutividade elétrica da água (Figura 15).



**Figura 16:** Sódio

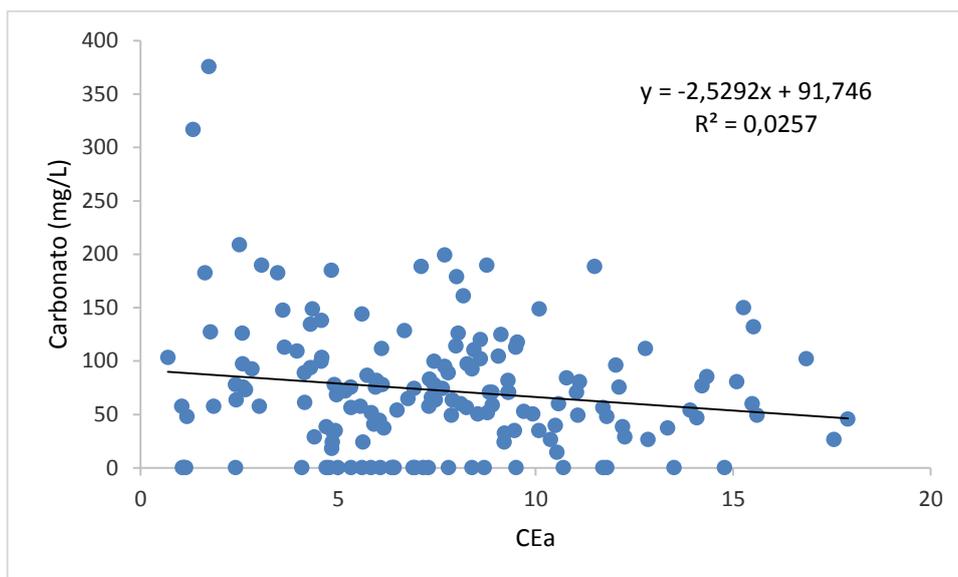
O sódio de acordo com a figura acima apresenta uma tendência linear do com a condutividade elétrica, possuindo um coeficiente de correlação de acordo com a tabela de 0,94 apresentando uma forte correlação com a condutividade elétrica da água (Figura 16).



**Figura 17:** Potássio

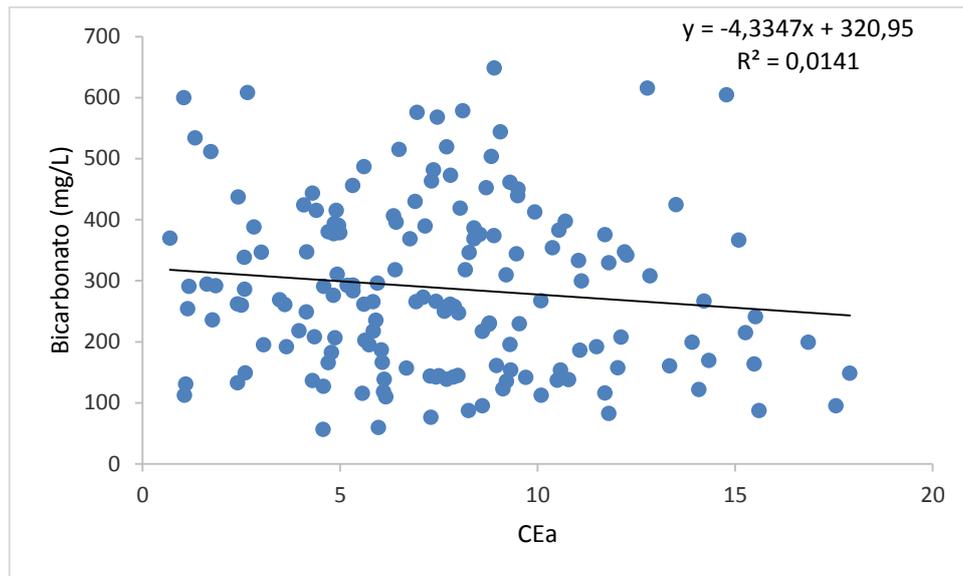
O potássio de acordo com a figura acima apresenta uma tendência linear até 5ds/m com a condutividade elétrica, possuindo um coeficiente de correlação de acordo com a tabela de 0,46 apresentando uma correlação fraca positiva com a condutividade elétrica da água (Figura 17). A concentração mínima encontrada para o íon potássio nas águas dos poços foi de 0,120 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup> e a máxima de 0,140 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>.

O valor médio de 0,130 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup> encontrado nas análises revela que este íon está dentro da faixa de valores normais (0,0 a 2,0 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>) em água de irrigação, segundo Ayers & Westcot (1991) 88,89% das águas analisadas estão dentro do padrão permitido para irrigação.



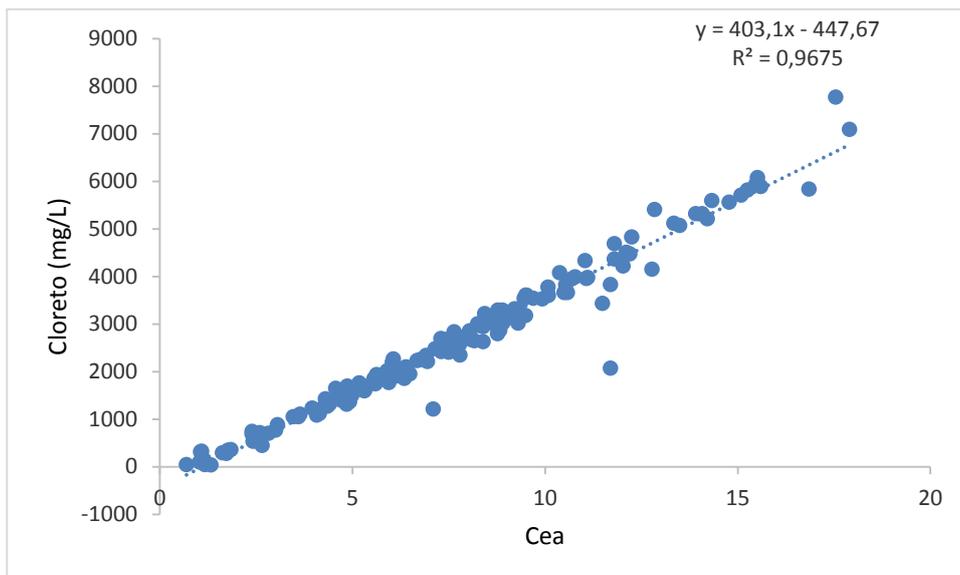
**Figura 18:** Carbonato

O carbonato de acordo com a figura acima não apresenta nenhuma correlação com a condutividade elétrica da água (Figura 18). Segundo Ayers e Westcot (1994) e Almeida (2010), águas com concentração de carbonato menor que  $3,0 \text{ mg L}^{-1}$  não apresenta restrições de uso 17,28% , 0% se tiver de  $3,0$  a  $6,0 \text{ mg L}^{-1}$ , apresenta grau de restrição de leve a moderado; e se esse valor for acima de  $6,0 \text{ mg L}^{-1}$ , apresenta grau de restrição severo. Logo, conclui-se que 87,72% das águas subterrâneas analisadas estão com severo grau de restrição de uso, ou seja, não estão propicias para irrigação devido à alta concentração de carbonato.



**Figura 19:** Bicarbonato

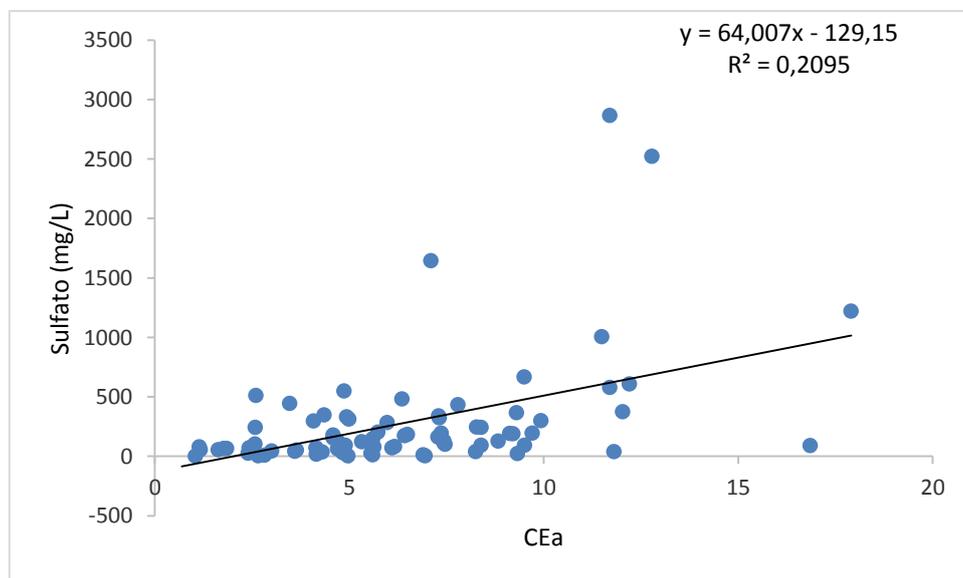
O bicarbonato de acordo com a figura acima não apresenta nenhuma correlação com a condutividade elétrica da água (Figura 19). Segundo Ayers e Westcot (1994) e Almeida (2010), quando a concentração do bicarbonato for menor que  $91,5 \text{ mg L}^{-1}$ , não há restrições de uso; entre  $91,5$  e  $518,5 \text{ mg L}^{-1}$ , o grau de restrição é de leve a moderado; acima de  $518,5 \text{ mg L}^{-1}$ , tem severo grau de restrição de uso. Todas as análises consideradas nesta avaliação apresentam grau de restrição de leve a moderado, ou seja, elas podem provocar efeitos deletérios de natureza química, física ou biológica no solo e afetar negativamente o desenvolvimento das culturas. O bicarbonato é um dos componentes que expressam a alcalinidade da água de irrigação. No caso específico, foram verificados os seguintes valores: mínimo:  $0,92 \text{ meq HCO}_3^- \text{ L}^{-1}$ ; máximo:  $10,63 \text{ meq HCO}_3^- \text{ L}^{-1}$  e média:  $4,73 \text{ meq HCO}_3^- \text{ L}^{-1}$ . Na interpretação das diretrizes, 3,70% nenhum rico de restrição de uso, valores na faixa de 1,5 a  $8,5 \text{ meq HCO}_3^- \text{ L}^{-1}$  89,51% possuem grau de restrição para uso de ligeiro à moderado, 6,79% severo grau de restrição de uso .



**Figura 20:** Cloreto

O cloreto de acordo com a figura acima apresenta uma tendência linear com a condutividade elétrica, possuindo um coeficiente de correlação de acordo com a tabela de 0,98 apresentando uma forte correlação com a condutividade elétrica da água.

(Figura 20).



**Figura 21:** Sulfato

O sulfato de acordo com a figura acima não apresenta nenhuma correlação com a condutividade elétrica da água (Figura 21).

Tabela 12: Equações empíricas, coeficiente de determinação e coeficiente de correlação entre condutividade elétrica (CE) e os principais sais constituintes das águas subterrâneas

Resultados das Fontes Subterrâneas			
Sais	Equações das fontes Subterrâneas	Coeficiente de Determinação (R <sup>2</sup> )	Coeficiente de correlação (R)
<b>Cálcio</b>	Ca = 26,07 CE + 6,7276	0,3747	0,6121
<b>Magnésio</b>	Mg = 39,121 CE - 18,166	0,8073	0,8985
<b>Sódio</b>	Na = 129,46CE + 22,734	0,8847	0,9406
<b>Potássio</b>	K = 3,7235 CE + 5,0227	0,2116	0,46
<b>Cloreto</b>	Cl = 403,1 CE - 447,67	0,9675	0,9836
<b>pH</b>	pH=-0,0084CE+7,8248	0,0016	
<b>Carbonato</b>	CO <sub>3</sub> =-2,5292CE+91,746	0,0257	
<b>Bicarbonato</b>	HCO <sub>3</sub> =-4,3347CE+320,95	0,0141	
<b>Sulfato</b>	SO <sub>4</sub> =64,007CE-129,15	0,2095	

### 5.5 Matriz de correlação

Na 1 etapa foi construída uma matriz de correlação no programa excel.

	<i>Cea</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Co3</i>	<i>Hco3</i>	<i>Cl</i>
<i>Cea</i>	1							
<i>Ca</i>	0,629796	1						
<i>Mg</i>	0,902304	0,583137	1					
<i>Na</i>	0,899555	0,362758	0,736709	1				
<i>K</i>	0,065977	-0,02654	0,043877	-0,05053	1			
<i>Co3</i>	-0,0897	-0,29816	-0,08927	0,009294	0,006937	1		
<i>Hco3</i>	-0,13565	-0,06308	-0,12958	-0,05796	0,1524	-0,05837	1	
<i>Cl</i>	0,976005	0,622474	0,909219	0,855187	0,064222	-0,09259	-0,1928	1

Existe uma forte positiva correlação entre o magnésio, sódio e o cloreto com a condutividade elétrica. Cálcio e a condutividade elétrica uma correlação moderada positiva. Cálcio e o magnésio moderada positiva.

O sódio e o cálcio tem uma relação fraca positiva. Potássio e bicarbonato relação fraca positiva, magnésio e cloreto forte positiva. Sódio e cloreto correlação forte positiva. Magnésio e o sódio moderada positiva

Sódio e o cloreto correlação forte positiva. Cloreto e o magnésio correlação forte positiva. Cloreto e o cálcio correlação moderada positiva.

## **5.6 INCRUSTAÇÃO E CORROSÃO**

De posse dos resultados analíticos físico-químicos, foram aplicadas as fórmulas dos Índices de Langelier (LSI) e Ryznar (RSI), verificando qual a tendência de comportamento da água subterrânea de Boa Vista-PB frente ao caráter de corrosão ou incrustação. Pelos resultados obtidos, 8,14% tem incrustação suave, 5,81% das águas têm características de incrustação muito suave, 0% incrustação moderada, 51,16% balanceado, 34,88 corrosão suave para o índice de LSI, já para o índice de RSI, resultou em 100% das águas tem características incrustação severa, 0% dos poços com incrustação forte, 0% incrustação leve, 8,14% balanceado, 16,28% corrosão severa e 6,98% corrosão moderada e 68,60% corrosão forte.

Comparando os dois resultados, verifica-se que o Índice de Langelier é o mais representativo. Os Índices de Saturação de Langelier (LSI) e de Estabilidade de Ryznar (RSI), com rotina simples de análise laboratorial, quando distribuídos espacialmente podem ser usados como uma ferramenta de baixo custo na gestão dos sistemas de abastecimento de água, com captação por meio de poços tubulares. Embora os valores desses parâmetros não constem das normas brasileiras de potabilidade e qualidade das águas subterrâneas, a capacidade de corrosão e incrustação da água explorada pode levar à perdas de investimento, como a diminuição da vazão devido às incrustações, ou até mesmo a inutilização de poços. (rompimento de filtros, da tubulação do edutor, até a queda do equipamento de bombeamento no poço). Cavazzana et al. (2012) determinaram os índices de Langelier e de Ryznar para a água desses poços em Campo Grande, capital de Mato Grosso do Sul, a Empresa Concessionária do sistema de águas (Águas Guariroba S/A), opera cerca de uma centena de poços tubulares de basalto, dentro da área urbana da cidade sendo constatada predominância de corrosividade.

## **5.7 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

### **Condutividade elétrica (CE)**

A CE das amostras de água variou de 0,69 a 17,904 dS m<sup>-1</sup>, com média 7,2624 e mediana de 7,190 com desvio padrão de 3734,5. São águas em sua maioria salgadas, sendo preocupante a retirada destas águas subterrâneas sem nenhum critério, as mesmas sendo espalhadas na superfície do solo e na dieta dos animais, aumentando os níveis de sais na superfície, esses sais se cristalizam, no momento que as chuvas ocorrerem, serão carregados para os mananciais, e a tendência é que as águas superficiais fiquem cada vez

mais salgadas. As águas desses poços tubulares, muitas vezes são mal conduzidas, extravasando nas caixas d'águas (Figura 22), de alguma forma somada contabilmente estes sais dentro da bacia, local já sofrido de águas salobras superficiais constatadas em pesquisa anterior nos anos de 2013 e 2014, podendo concentrar mais sais nos açudes e tendo como destino próximo e preocupante, o açude de Boqueirão.



Figura 22: Água extravasando da caixa d'água

No período de pesquisa os valores de CEa das águas provenientes dos diversos poços tubulares se mantiveram altos, o que é confirmado por estudo Hidroquímicos dos mananciais subterrâneos na região nordeste (IBGE, 2013) a região tem de má qualidade a não potável em mapa da região. Sendo importante encontrar através de tal estudo, fontes isoladas que podem oferecer alguma diferença do que é genericamente já constatado em estudos anteriores. A origem mineral da rocha e um regime baixo de chuvas contribuem para permanecer valores altos e impossíveis de uso para consumo humano.

A variação dos teores de sais nos poços tubulares é percebida como pequena, já que são reabastecidos pela infiltração da água de chuva no solo e fraturas, desde 2012 até 2015 conforme AESA (2015) expõe os dados pluviométricos, a média de precipitação nestes últimos quatro anos, representou em torno de 213,6 mm, isto é, sem chuvas expressivas anuais, a variação dos sais encontrados nos poços tubulares nas duas etapas foram pequenas.

Segundo Molle e Cadier (1992), a concentração de sais em água é perceptível ao paladar quando a CEa atinge valores acima de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ . Levando em consideração

este valor e os resultados de CE das amostras de água de Boa Vista – PB, pode-se dizer que 98,68% teria sabor salgado e seriam desagradáveis para o ser humano. Segundo Sawyer e McCarty (1987) afirmam que muitas populações ao redor do mundo consomem água com CE superior a  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ , sem apresentar danos a saúde.

### **Sólidos Dissolvidos Totais**

Segundo o CONAMA em sua Resolução nº 357 de 2005, estabelece como padrão de potabilidade, valores máximos permitidos para sólidos dissolvidos totais (SDT) águas consideradas doces de 0 a 500 mg/L, de 501 a 1.500 mg/L água salobra e acima de 1.500 mg/L a água é classificada como salina.

Observamos que a salinidade da água se manteve uniforme, em relação ao primeiro período, com as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na sua minoria (1,16%) variando até 500 mg/L, classificando-as como águas doces, com percentuais menores de águas salobras (em torno de 8,14%) que variam o STD de 500 a 1.500 mg L<sup>-1</sup> em sua maioria de águas salgadas (em torno de 90,70%) que possuem STD superiores a 1.500 mg L<sup>-1</sup>. Os STD representam a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ele de natureza iônica ou coloidal. O teor de sais dissolvidos exclusivamente sob a forma de íons foi avaliada usando leituras da Condutividade Elétrica (CEa). Conforme a Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano no valor máximo permitido de 1000 mg L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos totais, o que representa 5,81 % de amostras analisadas dentro do padrão na primeira etapa.

### **Potencial Hidrogenionico (pH)**

Os valores de pH das fontes de água em estudo oscilaram de 6,07 a 10,07. As águas coletadas nos poços tubulares apresentaram valores de pH médio de 8,7, ou seja, alcalino.

De acordo com Casali (2008), a variação nos valores de pH justifica-se pelo material químico presente nas águas, que está diretamente influenciada pela formação geológica dos aquíferos, que armazena a água, pelo alto nível de contaminação da água por efluentes domésticos e industriais e na forma de captação e armazenamento de água que será utilizada.

De acordo com a Resolução CONAMA no. 357/05 (BRASIL, 2005) e com a Portaria 2914/11 do MS, que considera os valores de pH de água de 6,0 a 9,5 como sendo normais para o consumo humano, pode-se dizer que as águas coletadas em 4,65% apresentaram pH fora do adequado para consumo humano. Dos 78 poços tubulares analisados no município de Lajeado, RS, 5,13% dos poços estão fora do valor máximo permitido pela portaria 2914 de 2011 (ECKHARDT et al., 2009)

De acordo com Santos (1997) o pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 e, em casos excepcionais, pode variar entre 3 e 11.

### **Alcalinidade total**

A alcalinidade total das amostras de água variou de a 112,24 a 1265,04 mg L<sup>-1</sup>, com média de 389,37 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 395,44 mg L<sup>-1</sup>.

Considerando que o valor máximo permitido (VMP) da alcalinidade total em águas para consumo humano recomendada pela OMS (1999) é de 400 mg L<sup>-1</sup>, em toda a pesquisa 52,33% das águas analisadas possuíram valores de alcalinidade total dentro dos padrões normais, o que difere de Franca et al., (2006), que ao analisar a qualidade de água dos poços e mananciais superficiais em Juazeiro do Norte – CE, em dois períodos distintos do ano (seco e chuvoso), comprovou que em 100% das amostras de água analisadas os valores de alcalinidade total ficaram dentro do padrão de potabilidade para consumo humano.

As águas altamente alcalinas possuem sabor desagradáveis ao paladar e têm encontrado resistência por parte dos consumidores. A variação da alcalinidade das águas subterrâneas, está entre 100 e 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L, e em casos mais graves podem atingir 1000mg CaCO<sub>3</sub>/L (CUSTODIO e LLAMAS, 1983).

### **Dureza Total**

Os valores de dureza para as águas subterrâneas estão, geralmente, situados entre 10 e 300 mgCaCO<sub>3</sub>/L, podendo atingir 1000 mgCaCO<sub>3</sub>/L e, em casos excepcionais, 2000 mgCaCO<sub>3</sub>/L. De acordo com o que estabelece a Portaria no. 2914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), em relação aos valores limites da dureza na água utilizada para consumo humano (500 mg L<sup>-1</sup>), pode-se dizer que 10,47% das amostras de água coletadas são consideradas próprias para o consumo de acordo com a legislação brasileira vigente.

Isso porque a dureza total das amostras de água variou de 65 a 4658,5 mg L<sup>-1</sup>, com média de 1567,14 mg L<sup>-1</sup>, mediana de 1416,0 mg L<sup>-1</sup>. Águas com elevados níveis de dureza dificultam a formação de espuma, o que implica em um maior consumo de sabões e xampus, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação dos cátions em altas temperaturas. Existem evidências de que a ingestão de águas duras contribui para uma menor incidência de doenças cardiovasculares. Em corpos d'água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água. Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite de 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Valores desta magnitude usualmente não são encontrados em águas superficiais no Brasil, podendo ocorrer, em menor concentração, em aquíferos subterrâneos (FUNASA 2014).

De acordo com as águas dos poços tubulares analisadas 89,53% apresentaram valores de dureza total acima do recomendado pela Portaria 2914. A classificação das águas subterrâneas da área de estudo com base na dureza foi realizada segundo os critérios de Sawyer e McCarthy (2003).

Segundo Sawyer e McCarty (1987), a classificação de águas, de acordo com seus valores de dureza na primeira parte das análises coletadas foi de 1,16% como moderadamente duras (75 -150 mg L<sup>-1</sup>), 3,49% classificadas como duras (150 – 300 mg L<sup>-1</sup>) e 95,35% foram classificadas como muito duras (>300 mg L<sup>-1</sup>). Valores acima de 300 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>, são considerado alto para o consumo da população (NAKAYAMA e BUCKS, 1986).

Confirmando o que foi encontrado na região de Irauçuba, nordeste do Estado do Ceará, onde o valor médio da dureza dos poços no cristalino é de 1.094 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, que caracteriza águas muito duras. (VERÍSSIMO e FEITOSA, 2002).

Medeiros et al., (2003), analisando 45 amostras de água, coletadas no período seco, nos municípios de Mossoró, Baraúna e circunvizinhos, no Estado do Rio Grande do Norte, constataram que em sua maioria são águas duras(150-300 mg L<sup>-1</sup>).

### **Cátions (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>)**

Nas águas coletadas dos poços tubulares foram encontradas, respectivamente, as seguintes concentrações dos cátions: cálcio (Ca<sup>++</sup>) 6,8 e 632,2 mg L<sup>-1</sup> com média de 194,59 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 141,6 mg L<sup>-1</sup>.

De acordo com Feitosa e Manoel (2000) o íon predominante entre os cátions nas águas analisadas é o sódio, nos dois períodos estudados. A concentração do sódio nas águas subterrâneas varia entre 0,1 e 100 mg L<sup>-1</sup> o que difere das amostras analisadas. Nas águas estudadas, as concentrações de Sódio (Na<sup>+</sup>) 101,2 e 3385,14 mg L<sup>-1</sup> com média 1013,34 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 920 mg L<sup>-1</sup> estando portanto 4,65% das amostras fora do padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 2011). Teores excessivos podem afetar o sistema nervoso central e agravar a hipertensão arterial, além de afetar as características organolépticas da água. O sódio é um elemento químico bastante presente em águas subterrâneas. Seus principais precursores são pouco resistentes a processos interperícos e os sais formados, bastante solúveis. Nas águas subterrâneas, o teor de sódio varia normalmente de 0,1 a 10 mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste íon a partir das zonas de recarga (ALVES, 2007).

O íon sódio se desloca no ambiente, está presente em todas as águas, sendo o principal elemento responsável pelo aumento constante da concentração de sais das águas naturais do ponto de vista catiônico, seu aumento gradativo nas águas subterrâneas, se dá a partir da zona de recarga, em direção às suas porções mais confinadas (PERCEBON E BITTENCOURT 2009).

A concentração média do íon potássio (K<sup>+</sup>) 3,9 e 2152,02 mg L<sup>-1</sup> com média 56,87 mg L<sup>-1</sup> e mediana 24,57 mg L<sup>-1</sup>.

Em geral, os teores de K<sup>+</sup> nas águas subterrâneas são inferiores a 10,0 mg L<sup>-1</sup>, sendo mais frequentes valores entre 1,0 e 5,0 mg L<sup>-1</sup> (FEITOSA e MANOEL, 2000; OBIEFUNA e SHERIFF, 2011) o que nesta avaliação, constatamos que seus índices ficaram bem abaixo do limite para 36,05% das amostras estão dentro dos valores de potabilidade para consumo humano.

Nas águas subterrâneas, os teores de Cálcio variam entre 10 e 100 mg L<sup>-1</sup> (OBIEFUNA e SHERIFF, 2011).

O Cálcio é um dos elementos que contribuem para dureza da água e é considerado um dos cátions mais comuns e abundantes na maioria das águas. Já o Magnésio possui propriedades similares às do Ca<sup>++</sup>, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar. As águas subterrâneas apresentam valores de Magnésio no intervalo de 1 a 40 mg L<sup>-1</sup> (OBIEFUNA e SHERIFF, 2011) o que difere bastante dos valores encontrados no presente estudo, as amostras apresentaram valores do magnésio (Mg<sup>++</sup>)

= 11,52 e 803,04 mg L<sup>-1</sup> com média de 259,36 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 237,12 mg L<sup>-1</sup> demonstrando que estão bem acima dos valores permitidos para água subterrânea com finalidade de potabilidade. Das 86 amostras de águas analisadas 24,42% estão dentro do padrão de potabilidade para consumo humano quanto ao parâmetro magnésio.

Conforme os limites estabelecidos pela OMS (1999) em relação aos valores máximos permissíveis dos cátions (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e K<sup>+</sup>), presentes nas águas utilizadas para consumo humano, pode-se dizer que em relação a estes elementos, as águas coletadas no primeiro período 65,11%, 24,42% e 36,05% dentro dos padrões permitidos.

### **Ânions (Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>=</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Nas águas de Boa Vista foram encontradas, respectivamente, as seguintes concentrações dos ânions: as concentrações de carbonato (CO<sub>3</sub><sup>=</sup>) variaram de 0 a 1104,0 mg L<sup>-1</sup> com média de 80,23 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 57,6 mg L<sup>-1</sup>.

Os teores de cloreto variaram de 35,5 mg L<sup>-1</sup> a 7768,11 mg L<sup>-1</sup> com média de 2437,29 mg L<sup>-1</sup> e mediana 2258,16 mg L<sup>-1</sup> no primeiro período na região do município.

Na avaliação geral da região apresentou 96,51% dos valores obtidos nas análises os níveis de cloreto muito acima do permitido, dado este que difere do encontrado por Franca et al., (2006) em poços de Juazeiro do Norte (CE), município localizado na região Sul do Estado do Ceará, e que apresentaram em seus resultados o parâmetro cloreto dentro do permitido pela legislação (250 mg/L de Cl) em todas análises realizadas no referido estudo.

Altos valores de cloreto sem interferência de fatores geológicos pode significar contaminação por efluentes domésticos ou industriais (POHLING, 2009). Mas o que observamos segundo o IBGE (2013) foi à presença de águas cloretadas-sódicas, o que explica os altos valores de cloreto presentes nas águas dos poços tubulares. Valores acima do permitido para o cloreto confere sabor desagradável à água e efeitos laxativos em quem está acostumado a consumir água com baixas concentrações (BATALHA E PARLATORE, 1993).

Nessas águas como nas demais, provenientes das outras fontes, o íon Cl<sup>-</sup> é o que predomina, tanto na primeira como na segunda etapa.

De acordo com o que estabelece a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005) e a Portaria n. 2914 (BRASIL, 2011), em relação aos valores limites do ânion (Cl<sup>-</sup>)

presentes nas águas utilizadas para consumo humano, pode-se dizer que em relação ao cloreto, 96,51% apresentaram acima dos limites estabelecidos por estas normativas.

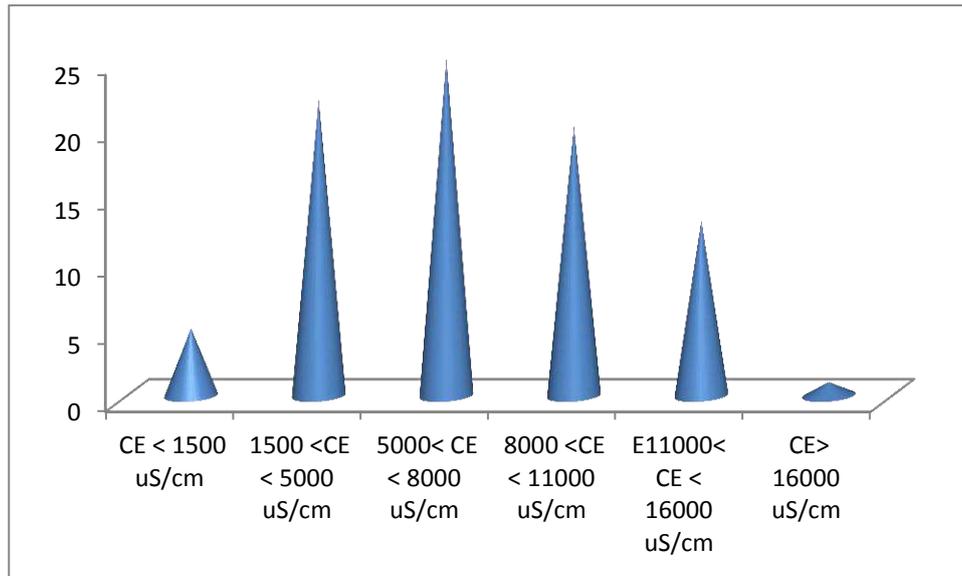
Silva e Araújo (2003), avaliando a qualidade das águas dos mananciais subterrâneos de Feira de Santana (BA), encontraram em 12,5% das amostras analisadas teores de cloreto fora do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria n. 2914. Os cloretos não são nocivos ao homem, apenas conferem gosto salgado à água quando em concentrações em torno de  $250 \text{ mg L}^{-1}$ , o que a faz ser rejeitada pelo consumidor (SAWYER; McCARTY, 1987). No entanto, em altas concentrações podem ser prejudiciais ao homem quando associados a altos valores de cátions como cálcio, magnésio, sódio ou potássio.

A precipitação entre os dois períodos coletados da pesquisa não passou de 10 mm de chuvas (AESAs, 2015), o que podemos analisar que alguns poços passaram a ser mais bombeados, mesmo com teor salino, principalmente quando energizado, o que produziu em algumas situações maior ou menor concentração de sais, o que depende da rocha que serve de depósito e armazenamento da água subterrânea do local.

A quantidade de bicarbonato na água subterrânea varia de 50 e  $350 \text{ mg L}^{-1}$  em águas doces, podendo atingir  $800 \text{ mg L}^{-1}$  (FEITOSA e MANOEL, 2000; OBIEFUNA e SHERIFF, 2011). A variação de bicarbonato encontrada foi de 59,17 e  $648,43 \text{ mg L}^{-1}$  com média de  $309,14 \text{ mg L}^{-1}$  e mediana de  $301,64 \text{ mg L}^{-1}$ .

### **Consumo animal (1 etapa)**

Os parâmetros químicos e físicos que definem os limites de qualidade da água para o consumo animal, são muito variados, dentre eles podemos destacar o pH, a condutividade elétrica da água, magnésio, sódio, cloreto, potássio e cálcio. No que se refere à qualidade da água, no sentido em que o grupo de caprinos e ovinos tem a capacidade de suportar as águas mais salinizadas que os bovinos e estes em relação aos eqüinos e suínos enquanto as aves podem apresentar um índice bem menor de tolerância à salinidade, pois são animais muito mais sensíveis.



**Figura 22:** Condutividade Elétrica para animais

De acordo com a (Figura 23) 5,81% as mostras estão com a condutividade elétrica da água abaixo de 1500 uS/m que são água de excelente qualidade adequada para todas as classes sem nenhum risco para qualquer animal, 25,58% estão com a condutividade elétrica da água entre 1500 e 5000 uS/m são águas com qualidade muito satisfatória que podem provocar diarreia em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves, 29,07% estão com a condutividade elétrica da água entre 5000 e 8000 uS/m satisfatória para o gado e não satisfatória para as aves, essas águas podem produzir diarreia temporária ou não ter aceitabilidade por animais não acostumados e aumento de mortalidade reduzindo o crescimento, principalmente em perus, 23,26% estão com a condutividade elétrica da água entre 8000 e 11000 uS/m de uso limitado para o gado e não apta para as aves evitar essas águas para fêmeas prenhas e em lactação, portando não é adequada para as aves domésticas, 15,12% estão com a condutividade elétrica da água entre 11000 e 16000 uS/m de uso limitado provocando grandes riscos para vacas lactantes ou prenhas e animais mais velhos podem subsistir em certas condições e 1,16% estão com a condutividade elétrica da água acima de 16000 uS/m o que não recomendável apresentando riscos muito grandes segundo a Academia Nacional de Ciências dos EUA (1972) apud Ayers e Westcot (1999) para classificação de água para consumo animal.

Os caprinos e ovinos podem recusar, em um primeiro momento, água com teores elevados de sais e, posteriormente, ingerir água com teores mais elevados, porém com riscos de causar doenças e até a morte do animal. Para que os animais se adaptem à

salinidade da água a ser consumida é necessário que a mesma seja fornecida de forma gradativa, já que a mudança repentina pode causar maiores prejuízos à ingestão de água e alimentos e à saúde do animal, promovendo sede excessiva, dores abdominais, vômitos, diarreias e, em casos extremos, podendo levar o animal até a morte. (ARAÚJO et al., 2011)

Devido à necessidade de evitar qualquer risco de perdas econômicas, a Academia Nacional de Ciências (1972), estabeleceu que, a partir do ponto de vista da salinidade da água potável, animais que consomem águas com condutividade elétrica (CE), menor de 5 dS/m deve ser satisfatório em quase todas as circunstâncias o que representa 31,40% das águas analisadas.

McGregor (2004) relata que, em comparação com água potável, os caprinos podem apresentar uma aceitabilidade de água salobra com até 12,5 dS/m 90,70% das amostras analisadas. Estes animais são capazes de adaptar-se ao consumo de água com níveis de salinidade de até 9,5 dS/m, mantendo a ingestão de alimentos. Entretanto, níveis de salinidade superiores a esse resultam em um declínio na ingestão de alimentos 79,07% das amostras estão abaixo de 9,5 dS/m.

A resolução CONAMA (2005) classifica como doces as águas que apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5 ppm, águas salobras, com salinidade superior a 0,5 ppm e inferior a 30 ppm ou águas salinas que apresentam salinidade igual ou superior a 30 ppm. Diante deste exposto podemos afirmar que 100% das amostras são de águas classificadas como salinas.

As águas com condutividade elétrica (teores de sais) variando entre 8,0 a 11,0 dS/m (5.120 e 7.040 mg/L respectivamente) devem ter seu fornecimento limitado aos ruminantes, incluindo os caprinos e ovinos. Águas com concentrações superiores a 11,0 dS/m são consideradas de alto risco para animais jovens, gestantes e lactantes(16,27%), enquanto que água com concentrações de sais acima de 16,0 dS/m (10.240 mg/L) não oferecem condições de uso para as diversas espécies animais (RUNYAN e BADER 1994) (1,16%).

Para o bovinos de leite 32,56% das amostras estão dentro do padrão, para bovinos de carne 87,21% das amostras estão dentro do padrão, para ovelhas e borregos 52,33% amostras estão dentro do padrão, para ovinos adultos 95,51% das amostras estão dentro do padrão e para equídeos 18,60% das amostras estão dentro valor permitido para cloreto. Aumento de umidade do excreta principalmente em aves.

Em relação ao cloreto 3,49% das amostras estão dentro do valor permitido que é de 250 mg/L e 9,30% amostras estão abaixo de 500 mg/L. as amostras que estão fora do padrão podem provocar aumento de umidade do excreta principalmente em aves.

O excesso de cloretos em águas destinadas ao consumo dos animais, pode causar: Sede excessiva; Aumento de excreção urinária; Descargas nasais; Falta de apetite; Vômitos; Diarreia; Dores abdominais; Sintomas comportamentais; Prostração; Convulsões; Morte (MAM, 2014).

Para o cálcio 91,86% amostras estão abaixo de 500 mg/l. E apenas 7,41% pode apresentar Desordens funcionais; Calcificação de canos e válvulas dos equipamentos de fornecimento.

Para o parâmetro sódio 6,98% amostra está abaixo de 250 e 20,93% amostras ficaram bem abaixo de 500 mg/L.

Em relação ao potássio todas estão abaixo de 250 e 500 mg/l. valores acima do permitido podem causa aumento de umidade do excreta principalmente em aves e em outras espécies animais.

Segundo Bagley et al. (1997) para o critério de uso de águas salinas ou salobras para a dessedentação animal é que valores de 1.000 ppm de sais totais dissolvidos são considerados baixos, possibilitaram o fornecimento de água a qualquer espécie animal o que representa 5,81% das amostras de água. Por outro lado, concentrações de sais totais dissolvidos na água que variam de 1.000 a 4.999 ppm são consideradas satisfatórias para o fornecimento de ovinos e bovinos, mas, sem prejudicar o desempenho produtivo dos mesmos, podem causar diarreias temporárias ou ter má aceitação pelos animais não adaptados o que representa 48,84% das amostras analisadas. Entre 5.000 a 6.999 ppm de sais totais dissolvidos a água pode também ser utilizada para ovinos e bovinos, porém seu consumo por animais em estágios avançados de gestação ou lactação deve ser evitado o que representa 29,07% das amostras analisadas.

De 7.000 a 10.000 ppm (13,95%) de sais totais dissolvidos o consumo deve ser evitado, mas em situações excepcionais essa água pode ser fornecida a animais adultos que não estejam em condições de estresse; entretanto, não deve ser fornecida a animais lactantes, gestantes, equinos, ovinos e animais jovens ou sujeitos a elevados níveis de estresse térmico ou perdas de água. A partir dessas concentrações de sais na água, a mesma não deve ser fornecida aos animais.

Entre os elementos químicos, o magnésio (Mg), quando presente em excesso na água, pode causar distúrbios fisiológicos, especialmente em associação com elevadas concentrações de sais (superior a 10,0 dS/m para ovinos).

Quanto ao consumo de água, Araújo et al. (2011) relataram que elevadas concentrações de sólidos na água podem afetar a aceitação da mesma. Isso inclui a concentração de sal. Lardy et al. (2008) afirmam que o aumento de sal na dieta estimula o aumento do consumo de água em todas as espécies por causa do aumento do volume de urina necessária para excreção de sal. Jaster et al. (1978) observaram que vacas em lactação recebendo água potável ou água salina (2500 ppm) tiveram diferença significativa quanto ao consumo de água, sendo que os animais recebendo água salina foram quem consumiram mais água (16,28%). Dados estes que estão de acordo com os de Valtorta et al., (2008), que observaram maior consumo de água para vacas lactantes recebendo água com 10.000 ppm de sal (97,67%).

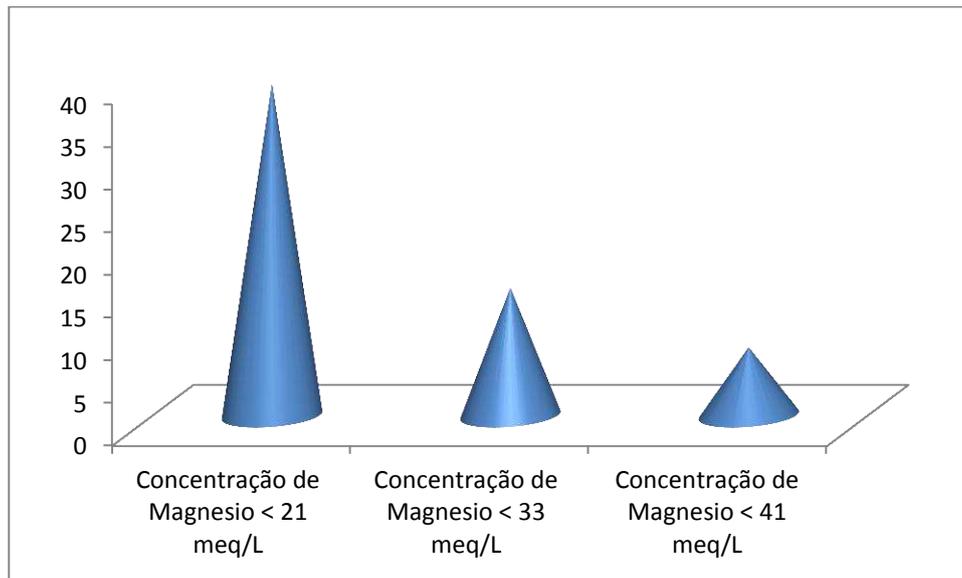
Verifica-se que os valores de pH das águas variaram de 6,1 a 10,1 encontrando-se em sua maioria dentro dos limites permitidos para águas salobras da classe 3 pela Resolução CONAMA 357/2005 e embora não se tem um parâmetro para animal, podemos correlacionar com os limites de tolerância para consumo humano que é entre 6,0 e 9,5, segundo a portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, portanto pode correlacionar que 95,35% estão adequado para todos os animais.

### **Quanto ao teor de Magnésio na água**

Em 9,30% das análises de água, o valor de magnésio, ultrapassou o limite de 41 meq L<sup>-1</sup>, isto é, o maior valor encontrado foi de 66,92 meq L<sup>-1</sup> não recomendado para nenhum tipo de animal, portanto para este parâmetro conforme limites estabelecidos pelo permitindo pelo Australian Water Resources Council (1969), citado em Ayers e Westcot (1999).

Na pesquisa, 72,09% estão abaixo de 41 meq/L. Esta avaliação segue limites estabelecidos pelo Australian Water Resources Council (1969), citado em Ayers e Westcot (1999).

Assim, deve-se considerar o teor de Mg<sup>2+</sup> na avaliação das águas, sobretudo quando a salinidade exceder 6,6 dS/m (4.000 mg/L) em águas usadas pelo gado bovino e 10 dS/m (6.000 mg/L), pelos ovinos (AYERS; WESTCOT, 1994) o que aconteceu em das amostra de água ficaram acima de 6,6( 54,65%)e 10 dS/m(19,77%).



**Figura 23:** Teor de Magnésio para animais

Os valores de sais de magnésio presente na água representam outra limitação de uso, e para a atividade de pecuária, de acordo com a Figura 24, 45,35% das amostras estão com a concentração de magnésio abaixo de 21 meq/L, ou seja, não ultrapassaram o limite para dessedentação de aves confinadas, suínos, equinos, vacas lactantes, ovelhas e filhotes cordeiros. Das 62,79% amostras analisadas estão com a concentração de magnésio abaixo de 33 meq/L não ultrapassaram o limite para dessedentação de aves confinadas, suínos, equinos, vacas lactantes, ovelhas, filhotes cordeiros e bovinos de corte. E 72,09% amostras estão com a concentração de magnésio abaixo de 41 meq/l não ultrapassaram o limite para dessedentação de aves confinadas, suínos, equinos, vacas lactantes, ovelhas e filhotes cordeiros e para ovinos adultos que são alimentados por feno, portanto para este parâmetro conforme limites estabelecidos pelo permitindo pelo Australian Water Resources Council (1969), citado em Ayers e Westcot (1999) estão dentro do padrão.

A variação da água, quanto ao valor de potencial hidrogeniônico (pH) foi de 6,1 a 10,1, e embora não se tem um parâmetro para animal, podemos correlacionar com os limites de tolerância para consumo humano que é entre 6,0 e 9,5, segundo a portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, portanto pode correlacionar que 82 amostras estão adequadas para todos os animais, exceto 4 amostras(4,65%) ultrapassaram o limite estabelecido.

## QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS AVES

Como a região apresenta uma avicultura expressiva de cerca de 223.000 cabeças (IBGE, 2014) foram analisadas a qualidade de água para as aves.

Segundo SCHEIDELER & PENDLETON (1995) o pH deve estar entre 6,8 e 7,5, das 86 amostras de água analisadas na primeira fase (Dezembro de 2014 a fevereiro de 2015) 40,70% (35 amostras) estavam fora desse limite. Quanto mais alto o pH da água maior a necessidade de cloro como desinfetante.

As águas de Boa Vista apresentaram um pH variando de 6,07 a 10,07 que segundo a classificação de SCHEIDELER & PENDLETON (1995) pode ser considerada como não satisfatória e não apta para as aves.

Os resultados das análises das amostras de água de dessedentação de aves apresentaram 38,37% de pH alcalino na primeira etapa da coleta. A alcalinidade é encontrada nas águas sob a forma de carbonatos e bicarbonatos e resulta da presença de sais de ácidos fracos, carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos e, ocasionalmente, silicatos e fosfatos, podendo ser cáustica (MACÊDO, 2004).

VIOLA et al., (2011), relata que as aves não diminuiram o consumo de água com pH entre 2.0 e 10.0. Ainda, GAMA et al. (2004) citam que a águas com pH ácido para consumo das aves pode melhorar o seu desempenho. Para POMIANO (2002) e GAMA et al., (2008) o consumo de água com pH entre 6.0 a 8.0, pode alterar o desempenho das aves, afetar a performance de frangos, a produção e a qualidade dos ovos em poedeiras, precipitar antibióticos e interferir na eficiência da cloração da água, havendo dessa forma uma discordância em relação a esta questão.

A correção do pH da água também é importante para administração de medicamentos e realização de vacinações via água de bebida, pois valores extremos de pH prejudicam a sobrevivência dos vírus das vacinas quando diluídos em água para aplicação massal às aves, a dissolução do antibiótico tilosina e promove a precipitação das sulfonamidas (GAMA et al., 2004).

VOHRA (1980) afirma que a dureza não é prejudicial às aves, a menos que os íons estejam presentes em grandes quantidades o que torna a água tóxica, podendo ocorrer um aumento da mortalidade por doença cardiovasculares das aves (NERI et al., 1975).

Segundo VOHRA (1980), a dureza da água é um parâmetro que não é prejudicial às aves, a não ser que ela esteja presente em quantidades tóxicas. Especula-

se que a dureza pode estar relacionada com o surgimento da síndrome do fígado graxo em poedeiras, embora JENSEN et al., (1977) não tenham conseguido êxito em demonstrar esta relação experimentalmente.

POMIANO (2002) relata ainda que para a água utilizada em granjas avícolas deve-se ter como ideal o índice de dureza até 60 mg/L, tolerando-se índices até 110 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, observando-se a partir deste índice seus efeitos são deletérios. Para LAGGER et al., (2000), a dureza pode interferir na qualidade microbiológica da água, pela falta de eficiência dos detergentes na higienização dos equipamentos, este efeito passa a ser importante quando ultrapassa 100 mg/ L de Carbonato de cálcio. Segundo MACARI (1996) a qualidade da água para aves, em função da sua dureza são de águas muito duras (acima de 180mg L<sup>-1</sup>) o que representa 98,84% das amostras na primeira coleta.

Entre os minerais que estão presentes na dureza da água podemos citar o cálcio e o magnésio. O maior problema com a dureza da água não está relacionado com a sua qualidade para os animais, pois pouco são afetados diretamente por este fator. Entretanto, o excesso de dureza pode comprometer as tubulações, por acúmulo de material no sistema prejudicando a vazão de água nos bebedouros e, assim, indiretamente prejudicar as aves. Água que tem acima de 180 ppm de CaCO<sub>3</sub> é considerada muito dura e deve ser evitada. A dureza da água influencia a capacidade de sabão e detergente em formar espuma, característica que também deve ser observada na água utilizada em granjas, interferindo no manejo de limpeza e desinfecção das instalações. A dureza da água refere-se, principalmente, à concentração de íons de cálcio e magnésio em solução, formando precipitados devido aos carbonatos de cálcio e magnésio, sendo expressa como mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Em níveis altos de dureza pode-se comprovar o sabor desagradável à água, incrustações nas tubulações, efeito laxativo e interferência na eficiência de alguns medicamentos e desinfetantes, como por exemplo, a amônia quaternária que tem sua efetividade diminuída (BLOCK, 1991; MOUCHREK, 2003; GAMA et al., 2004; FAIRCHILD & RITZ, 2006).

Como relatado anteriormente, a presença de cálcio está relacionada com a dureza, sendo de 60 mg/L o nível máximo aceitável para água de dessedentação de aves.

Das 86 amostras, 17,44% estão dentro do valor permitido para aves. O cálcio raramente causa problemas de intoxicação em aves e o aumento dos seus níveis na água

foi correlacionado com melhor conversão alimentar e peso corporal, porém com diminuição da viabilidade do lote (ÁGUA, 1988).

O potássio ainda não teve determinada a concentração máxima para a água de dessedentação das galinhas, mas na água potável para seres humanos, está enquadrado como sólido dissolvido e tem sua quantidade máxima determinada em 10 mg/L de água (VOHRA, 1980). MARKS (1987) demonstrou que o aumento de potássio na dieta promove um aumento no consumo de água pelos frangos de corte. Durante avaliação nos 86 poços, a qualidade da água para aves, em função do teor de potássio ( $10 \text{ mg L}^{-1}$ ) teve 86,05%, em ambas coletas, acima do valor máximo permitido.

Segundo NRC (1974) para o critério de uso de águas para aves com valores abaixo de 1.000 ppm de sais totais dissolvidos são considerados baixos, possibilitaram o fornecimento de água a qualquer espécie aves, das 1,16% das amostras de água analisadas da pesquisa estão dentro desse valor. Por outro lado, concentrações de sais totais dissolvidos na água que variam de 1.000 a 2.999 ppm são consideradas satisfatórias para o fornecimento de qualquer espécie de aves, mas, sem prejudicar a saúde ou o desempenho produtivo dos mesmos, podem causar fezes úmidas o que representa 12,79% das amostras analisadas.

Por outro lado, concentrações de sais totais dissolvidos na água que variam de 3.000 a 4.999 ppm são consideradas águas não satisfatórias para o fornecimento as aves, frequentemente causam fezes úmidas, aumenta a mortalidade e diminui o desempenho (perus), o que representa 17,44% das amostras analisadas estão dentro desse intervalo.

Entre 5.000 a 6.999 ppm de sais totais dissolvidos a água não é aceitável para aves, compromete o crescimento e aumenta a mortalidade o que representa 17,44% , estão dentro desse intervalo em ambos períodos de coletas.

Entre 7.000 a 10.000 ppm de sais totais dissolvidos a água não pode ser usadas para aves, mas pode ser usada para outros tipos de animais, o que representa 31,40% das amostras analisadas. Acima de 10.000 ppm não pode ser usada para qualquer espécie de animal, 19,77% de amostras acima de 10.000.

Decorrentes da possibilidade de águas que tenham esta predisposição O maior problema com a dureza da água não está relacionado com a sua qualidade para os animais. Pouco eles são afetados por este fator. Entretanto, excesso de dureza pode comprometer fortemente as tubulações, por acúmulo de material no sistema. Este comprometimento das tubulações pode prejudicar a vazão de água nos bebedouros e,

assim, indiretamente prejudicar os frangos de corte. A composição química da água afeta a condição sanitária dos intestinos e certos medicamentos podem não solubilizar em águas que são muito duras e que têm um pH inadequado. Uma característica química denominada de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ou Salinidade nos oferece uma boa referência da qualidade química da água.

Os minerais que normalmente mais contribuem para os valores de SDT são cálcio, magnésio, sódio, cloro, bicarbonato e enxofre. (PENZ JÚNIOR, 2002; MACÊDO, 2007).

A análise de SDT é um parâmetro importante a ser monitorado em se tratando de qualidade da água na produção avícola, pois à medida que o SDT aumenta a qualidade da água piora, causando diminuição para o consumo de água e prejuízos no desempenho das aves (NRC, 1974).

Das águas dos poços tubulares analisados 96,51% das águas da primeira coleta não estão aptas para as aves no parâmetro cloreto. Altas taxas de cloretos podem conferir sabor salgado à água (MOUCHREK, 2003).

## **IRRIGAÇÃO**

### **Cloreto**

Valores inferiores a  $3,0 \text{ meq Cl}^- \text{ L}^{-1}$  não possuem restrições quanto ao uso com irrigação por aspersão, segundo as diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação 97,53% apresentam restrição (Ayers & Westcot, 1991).

### **Condutividade elétrica**

Os resultados das determinações físico-química que interferiram na salinidade da água de irrigação, indicam que o parâmetro Condutividade Elétrica da água de irrigação (CEa) 0% possui grau de restrição de nenhuma ( $< 0,70 \text{ dS m}^{-1}$ ) 16,67% ligeira e moderada ( $0,70\text{--}3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ), com valor mínimo de  $1,040 \text{ dS m}^{-1}$ ; médio de  $6,432 \text{ dS m}^{-1}$  e máximo de  $17,904 \text{ dS m}^{-1}$ .

Os Sais Dissolvidos Totais (SDT) e CEa possuem restrições para o uso. Para valores de SDT na faixa que vai de  $450 \text{ mg L}^{-1}$  a  $2000 \text{ mg L}^{-1}$  o grau de restrição para o uso é de ligeira a moderada, o que representa 17,95% do total.

## **CARBONATO DE SÓDIO RESIDUAL**

O carbonato de sódio residual é aceitável para 100% das amostras que segundo Wilcox et al., (1954) água com CSR até 1,5meq/L não oferece nenhum perigo, é aceitável não oferecendo nenhum risco. Em todos os poços avaliados, os valores encontrados ficaram abaixo de 1,25 mmolc L-1, demonstrando que a qualidade da água é adequada para a prática da irrigação, sendo baixo o risco de impermeabilização do solo. Valores acima de 2,5 mmolc L-1 de CSR indicariam que a qualidade de água seria imprópria para irrigação, fato não confirmado. Valores de concentração superior a 2,5 mmolc L-1 na água, adotar-se-iam medidas no sentido de viabilizar seu uso na irrigação, como a aplicação de corretivos aliados a um manejo de água adequado. Nas áreas com valores de CSR intermediários (valores entre 1,25 e 2,5 mmolc L-1), a água subterrânea na região estudada para fins de irrigação, deve ser usada com cautela e mediante monitoramento constante das consequências do seu uso sobre o solo.(Andrade Júnior, 2006)

### **Potencial Hidrogeniônico**

Barros et al., (1999) afirmam que valores de pH entre 6,9 a 7,4 favorecem a formação de bicarbonatos, fazendo com que as águas de irrigação se tornem alcalinas, os valores das águas estudadas oscilaram entre 6,58 até 9,01.

Por outro lado, em razão dos elevados valores de pH (moda superior a 7,0, chegando a se registrar valores superiores a 8,0) podem ocorrer problemas para os equipamentos usados na irrigação (corrosão) ou precipitação de adubo na tubulação, adsorção de nitratos (principalmente quando a água possui elevados teores de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), quando usadas na fertirrigação podendo o problema se agravar com a obstrução de emissores quando o pH da água é muito elevado (MAIA 1998).

Nesta pesquisa, verificou-se que valores de pH de 6,53; 6,50 e 6,60, média, mínimo e máximo, respectivamente, estão na faixa normal (6,5-8,4), conforme as diretrizes citadas em Ayers & Westcot (1991).

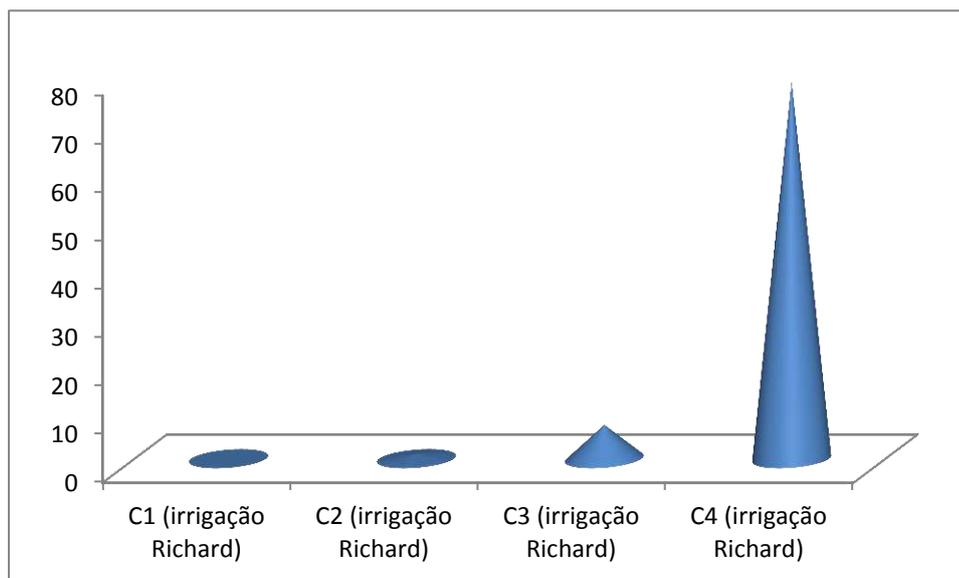
Segundo Ayers & Westcot (1999) as águas com valores correspondentes a grau de restrição nenhuma ao uso na irrigação não apresentam problemas para a maioria das culturas e solos. 21,79% das águas então fora do padrão conforme as diretrizes citadas em Ayers & Westcot (1991). Nakayama (1982) cita que não existe restrição para águas com pH abaixo de 7, com restrição moderada para águas com pH entre 7 e 8 e com

severa restrição para pH acima de 8, em relação à obstrução de emissores para irrigação localizada.

### Relação ca/mg

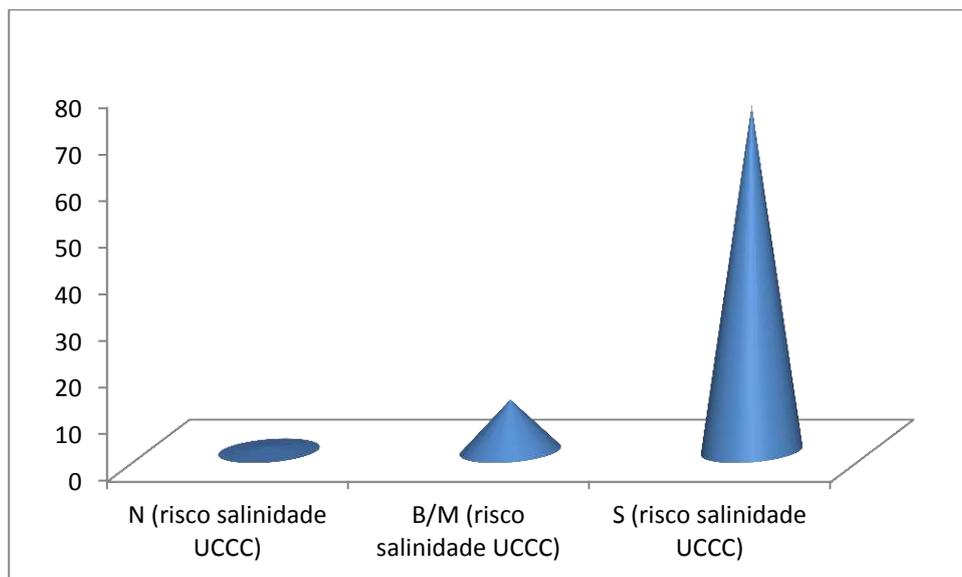
Injúrias às plantas podem ser causadas quando a relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  é menor que a unidade o que corresponde a 74,36% das amostras analisadas.

### Para fins de Irrigação



**Figura 24:** Classificação das águas de irrigação segundo Richards

A condutividade elétrica da água (CEa) é o parâmetro utilizado por Richards para classificar as águas de irrigação quanto ao risco de salinidade. Os resultados encontrados com as análises de água do município de Boa Vista-PB (Figura) apresentaram 0 de amostras (0%) pertencente a classe C1 (0 – 250 uS/cm) água de excelente qualidade de baixo perigo de salinidade; 1 amostra, 1,16% pertencente a classe C2 (250 – 750 uS/cm) classificada como boa qualidade de água e com médio perigo de salinidade; 7 amostras, 8,14% pertencente a classe C3 (750 – 2.250 uS/cm) com qualidade água regular e alto perigo de salinidade e 78 amostras, 90,70% pertencente a categoria C4 (> 2.250 uS/cm) com qualidade ruim de água e o perigo de salinidade de muito alto o que difere dos valores encontrados por Neto et al.,( 2009) em que as análises de água da sub-bacia do Rio Taperoá apresentaram 81 amostras (40,7%) pertencente a classe C1 (0 – 250 uS/cm); 41 amostras, 20,6% pertencente a classe C2 (250 – 750 uS/cm); 46 amostras, 23,61% pertencente a classe C3 (750 – 2.250 uS/cm) e 31 amostras, 15,58% pertencente a categoria C4 (> 2.250 uS/cm)(Figura 19).



**Figura 25:** Classificação das águas de irrigação segundo UCCC

De acordo com o risco de salinidade pela UCCC 1,16% das águas apresentam nenhum risco, 12,79% apresentam de baixo a moderado risco e 86,05% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 26).

A presença de culturas com resistência à salinidade, como o capim elefante, com sub-irrigação pelo lençol freático, e o coco anão, com irrigação pelo sistema de microaspersão faz com que o uso dessas fontes, com elevados níveis de sais e restrição severa quanto à salinização do solo, não seja uma limitação quanto ao risco de sodificação (infiltração) Oliveira et al., (2005).

Ayers & Westcot (1991) citam uma variação entre 0 a 20 meq  $\text{Ca}^{+2} \text{L}^{-1}$ , como valores normais em água de irrigação 87,21% das amostras estão na faixa de valores normais.

A concentração mínima encontrada para o íon potássio nas águas dos poços foi de 3,9 mg  $\text{K}^{+} \text{L}^{-1}$  e o máxima de 2152,02 mg  $\text{K}^{+} \text{L}^{-1}$

O valor médio de 56,87 mg  $\text{K}^{+} \text{L}^{-1}$  encontrado nas análises revela que este íon está fora da faixa de valores normais (0,0 a 2,0 mg  $\text{K}^{+} \text{L}^{-1}$ ) em água de irrigação, segundo Ayers & Westcot (1991) 0% são normais.

Os resultados das determinações físico-química que interferiram na salinidade da água de irrigação apresentados na Tabela 1, indicam que o parâmetro Condutividade Elétrica da água de irrigação (CEa) 1,16% possui grau de restrição de nenhuma ( $< 0,70 \text{ dS m}^{-1}$ ) a ligeira e moderada 12,79% ( $0,70\text{--}3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ), e severo grau de restrição para

uso 86,05% ( $>3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ), com valor mínimo de  $0,69 \text{ dS m}^{-1}$ ; médio de  $7,53 \text{ dS m}^{-1}$  e máximo de  $17,904 \text{ dS m}^{-1}$  e mediana de  $7,39 \text{ dS m}^{-1}$ .

Os Sais Dissolvidos Totais (SDT) e CEa possuem restrições para o uso. Para valores de SDT na faixa que vai de  $450 \text{ mg L}^{-1}$  a  $2000 \text{ mg L}^{-1}$  12,79% tem o grau de restrição para o uso de ligeira a moderada. Menor de 450 1,16% nenhum risco de restrição para uso e 86,05% para severa restrição de uso. E 13,95% dos valores para STD estão dentro do permitido para irrigação segundo Ayers e Westcot (1999).

A Razão de Adsorção de Sódio (RAS) cujos valores da média  $10,74 (\text{mmol L}^{-1})^{0,5}$ ; mínimo  $1,3 (\text{mmol L}^{-1})^{0,5}$  e máximo  $35,98 (\text{mmol L}^{-1})^{0,5}$  83,33% apresentam-se como valores normais em água de irrigação, segundo as diretrizes do University of Califórnia Committee of Consultants (1974), citado por Ayers & Westcot (1991).

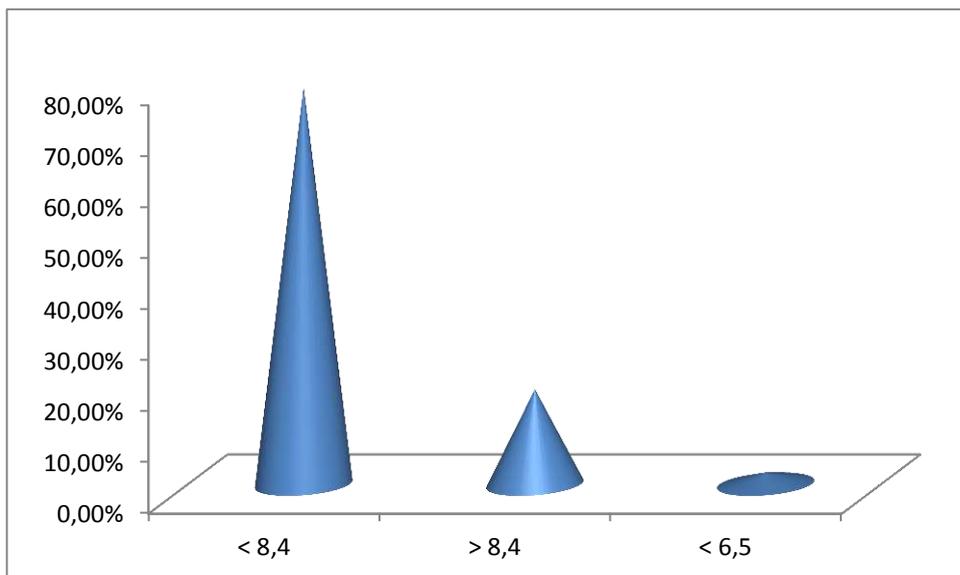
Das 86 amostras 77,91% estão dentro dos valores normais de irrigação para a RAS.

Barros et al., (1999) afirmam que valores de pH entre 6,9 a 7,4 favorecem a formação de bicarbonatos, fazendo com que as águas de irrigação se tornem alcalinas.

Nesta pesquisa, verificou-se que valores de pH de 6,53; 6,50 e 6,60, média, mínimo e máximo, respectivamente, estão na faixa normal (6,5-8,4), conforme as diretrizes citadas em Ayers & Westcot (1991).

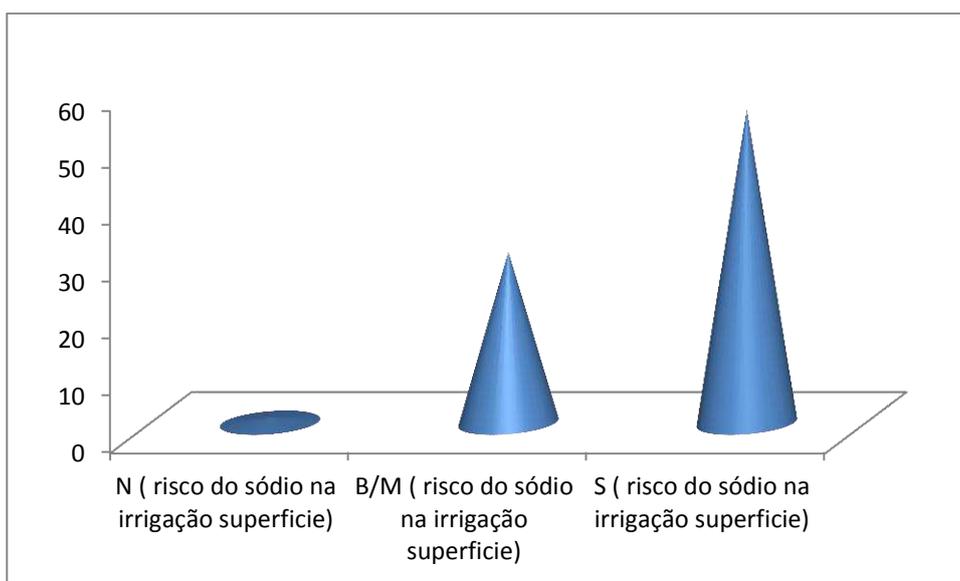
Segundo Ayers & Westcot (1999) as águas com valores correspondentes a grau de restrição nenhuma ao uso na irrigação não apresentam problemas para a maioria das culturas e solos.

Segundo a tabela da **página 9 do** livro o Condutividade elétrica da água 13,95% estão dentro dos valores permitidos para irrigação. Magnésio 8,14% estão dentro dos valores permitidos para irrigação. Sódio 50% estão dentro dos valores permitidos para irrigação, carbonato 26,74% estão dentro dos valores permitidos para irrigação, bicarbonato 97,67% estão dentro dos valores permitidos para irrigação, cloreto 16,28% estão dentro dos valores permitidos para irrigação (AYERS E WESTCOT, 1999).



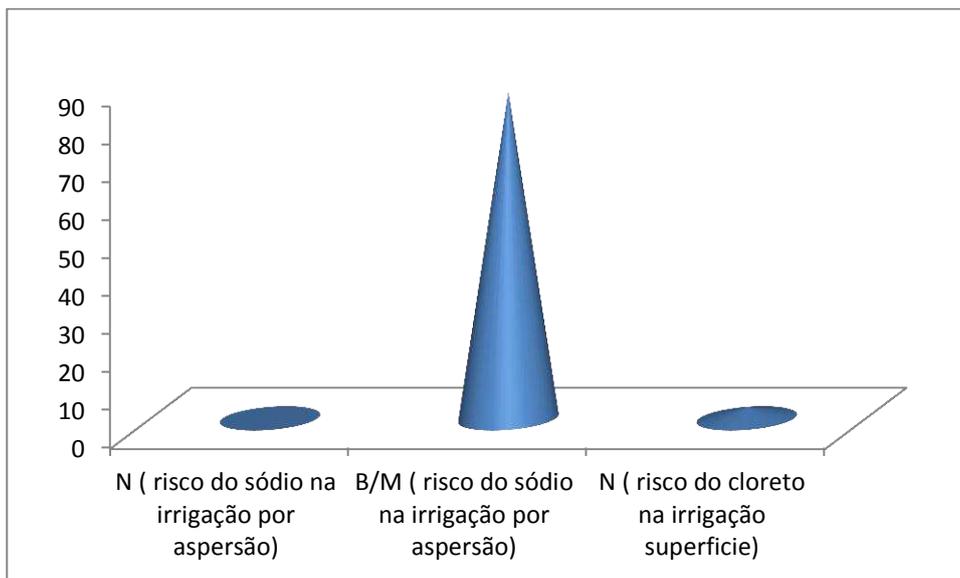
**Figura 26:**

Quanto ao pH da água de irrigação 77,91% estão abaixo de 8,4 e 2,33% estão abaixo de 6,5 e 18,60% estão acima de 8,4 (Figura 27) no entanto pH acima do recomendado mostra risco moderado quanto a entupimento do sistema podendo prejudicar a uniformidade de distribuição agravando mais ainda o risco quando agregado o problema de excesso de íons, causando danos não só ao sistema de irrigação como também podendo causar clorose e atraso no crescimento vegetativo da planta. Segundo o que especifica Ayers e westcot (1991).



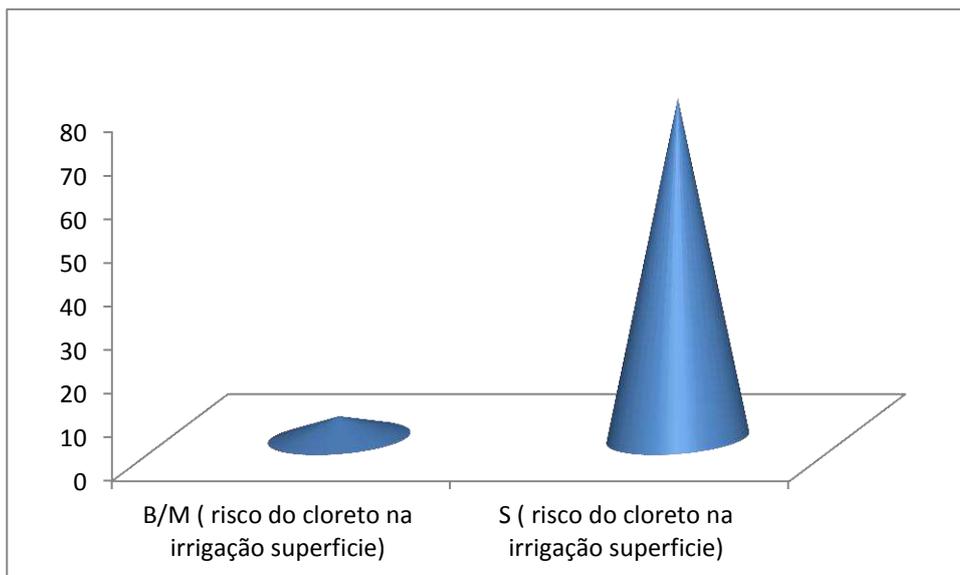
**Figura 27**

De acordo com o risco de sódio na irrigação por superfície pela UCCC 1,16% das águas apresentam nenhum risco, 34,88% apresentam de baixo a moderado risco e 63,95% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 28). Deve-se lembrar, ainda que, no geral, os problemas de toxicidade, complicam e complementam os problemas de salinidade e permeabilidade, pois a acumulação dos íons em concentrações tóxicas e seus efeitos não acontecem imediatamente e os sintomas visuais dos danos demoram a ser observados. O surgimento de tal problema dependerá do tempo, da concentração, da tolerância da cultura e do volume de água transpirada. Ayers e westcot (1991).



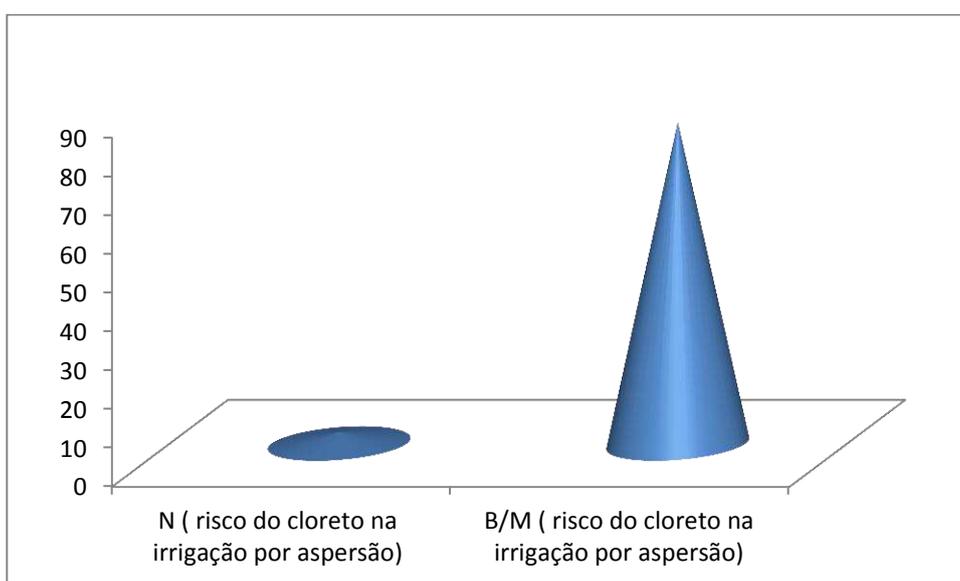
**Figura 28**

De acordo com o risco de sódio na irrigação por aspersão pela UCCC 0% das águas apresentam nenhum risco, 100% apresentam de baixo a moderado risco de salinizar o solo (Figura 29).



**Figura 29**

De acordo com o risco de cloreto na irrigação por superfície pela UCCC 3,49% das águas apresentam nenhum risco, 5,81% apresentam de baixo a moderado risco e 90,70% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 30).

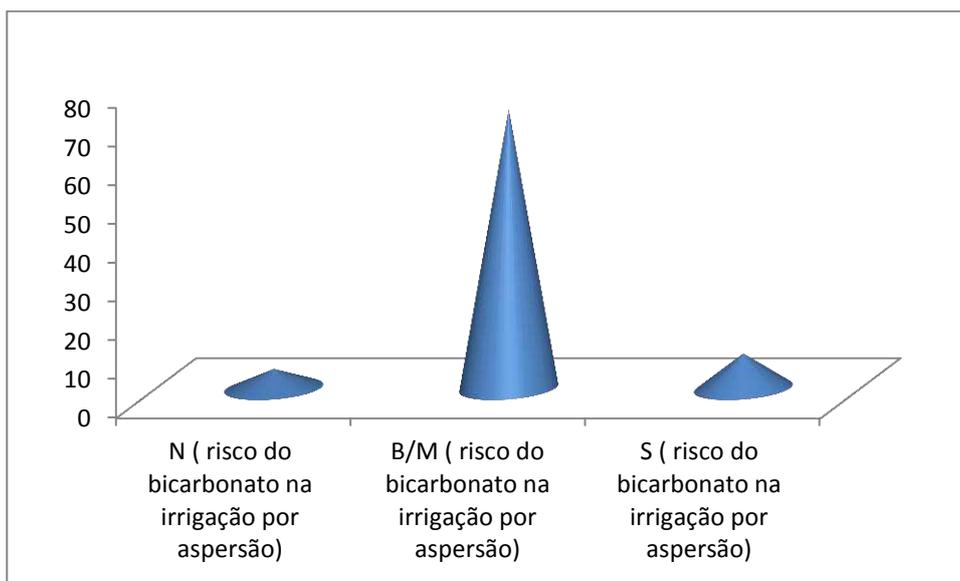


**Figura 30**

De acordo com o risco de cloreto na irrigação por aspersão pela UCCC 3,49% das águas apresentam nenhum risco, 96,51% apresentam de baixo a moderado risco (Figura 31). Para essas águas oferecem perigo de toxicidade, deve-se ter um manejo adequado porque os íons cloreto podem manifestar-se mesmo quando se encontram em quantidades relativamente baixas. Esses íons presentes na água de irrigação provocam, com frequência, toxicidade nas culturas, por não serem adsorvidos pelas partículas do

solo; no entanto, por serem muito móveis, são facilmente absorvidos pelas raízes das plantas e translocados até as folhas, onde se acumulam devido à transpiração, sendo este problema mais intenso nas regiões de climas quentes, em que as condições ambientais favorecem alta transpiração. Ayers e westcot (1991).

O tipo de irrigação a ser utilizado também apresenta maior ou menor intensidade de absorção do cloreto, ou seja, quando o método de irrigação utilizado for por aspersão a toxicidade é mais rápida haja vista que a absorção é realizada diretamente pelas folhas; esta absorção pode ser afetada pela qualidade da água que está sendo usada e também pela capacidade da planta em excluir o conteúdo desse íon no solo, o qual se controla com a lixiviação que é um processo realizado com o aumento do volume de água nas etapas de irrigação onde a salinidade é dissipada para camadas mais profundas do solo mantendo a zona radicular com pequena quantidade de sais para não prejudicar o desenvolvimento das culturas. Ayers e westcot (1991).



**Figura 31**

De acordo com o risco de bicarbonato na irrigação por aspersão pela UCCC 5,81% das águas apresentam nenhum risco, 83,72% apresentam de baixo a moderado risco e 10,47% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 32). Essas águas devem ser evitadas, principalmente se o sistema de irrigação utilizado for por aspersão, devido aos constantes problemas de incrustações que o bicarbonato provoca sobre as flores, folhas e frutos originando, com isto, dificuldades na comercialização dos produtos, em virtude da má aparência. Problemas também podem ser observados em águas com baixos teores desse íon, caso a evaporação seja elevada e a umidade relativa

menor que 30% (AYERS; WESTCOT, 1999), mas são minimizados (ou solucionados) quando a irrigação é realizada à noite e no manejo se reduz a frequência e se aumenta a velocidade de rotação do aspersor, porque a velocidade influi na precipitação lançada sobre o terreno em cada instante, ou seja, quanto maior a velocidade menor será a precipitação instantânea sobre determinado ponto do círculo molhado e, conseqüentemente, menor será o risco provocado pelo encharcamento do terreno. Outro problema provocado pela presença do bicarbonato na água é a formação de camadas compactadas no solo com a conseqüente redução da infiltração e da permeabilidade da água através do perfil; tal se dá por haver, nas águas ricas em bicarbonato tendência de precipitação, sobretudo do cálcio na forma de carbonato sempre que a solução do solo se torna mais concentrada, aumentando o risco de sodicidade (BARRETO 2007)

Observando-se a relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  8,14% das águas dos poços não induzem a deficiência de cálcio às plantas, se usada para irrigação, pois os valores são superiores a unidade (1,0) ao longo do período amostrado, posto que AYERS & WESTCOT (1991) afirmam que quando as reservas do solo não são suficientemente altas, valores inferiores a 1, são prejudiciais o que representa 91,86% das amostras.

MORAIS et al. (1998), acrescentam que quando a proporção  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ , é menor que a unidade, os efeitos potenciais do sódio são ligeiramente maiores, em virtude da concentração de sódio ser determinada pela RAS, ou seja, determinado valor da RAS é ligeiramente mais perigoso quanto menor for a proporção  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  ou próxima da unidade.

## **ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA SEGUNDA COLETA**

A estatística descritiva de todas as águas, coletadas ao longo do ano de novembro de 2014 a março de 2015, Tabela 11 abaixo, apresentaram uma média de condutividade elétrica de 7841,5 uS  $\text{cm}^{-1}$  a 25 °C, classificada como inviável para consumo humano, dessedentação animal e irrigação. A média de sódio, potássio, cloreto e magnésio também ultrapassou o VMP pela Portaria 2914/11 e a OMS sendo inapropriada neste parâmetro para consumo humano. A CE apresentou um coeficiente de variação de 48,9 e apenas o cálcio estava dentro dos padrões 194,6. O coeficiente de variação foi bem elevado nas várias variáveis, isso ocorreu porque os valores diferem muito de uma fonte para outra. Mesmo o valor máximo de 17,940 dS/m de condutividade elétrica da água ainda pode ser considerado um baixo nível de salinidade

para a *Atriplex nummularia*, visto que esta planta consegue ter bons rendimentos, mesmo quando irrigada com água de níveis de salinidade equivalentes a 57,0 dS/m (FAO, 1996).

Na 2ª coleta de dados obtivemos os seguintes valores

	pH	CE lab	Calcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Carbonato	Bicarbonato	Cloreto	Sulfato	RAS
Média	7,8	7841,5	194,6	259,4	1013,3	56,9	80,2	309,1	2437,3	76,0	10,0
Mediana	7,9	7570,5	141,6	237,1	920,0	24,6	57,6	301,6	2258,2	0,0	9,5
Desvio padrão	0,7	3834,4	157,9	155,3	585,5	230,5	131,5	157,6	1520,0		4,0
Máximo	9,0	17904,0	632,2	803,0	3385,1	2152,0	1104,0	648,4	7768,1		23,4
Mínimo	6,6	1143,0	6,8	11,5	101,2	3,9	0,0	59,2	35,5		2,3
Coefficiente de variação	9,0	48,9	81,1	59,9	57,8	405,3	163,8	51,0	62,4		40,3

### Interpretação dos Índices de Langelier (LSI) e Ryznar (RSI)

De posse dos resultados analíticos físicoquímicos, foram aplicadas as fórmulas dos Índices de Langelier (LSI) e Ryznar (RSI), verificando qual a tendência de comportamento da água subterrânea do município de Boa Vista-PB frente ao caráter de corrosão ou incrustação. Incrustação suave 22,37%, incrustação muito suave 22,37%, corrosão moderada 20,37%, balanceado 42,11% e corrosão suave 13,16% das amostras analisadas. Segundo o índice de Ryznar. Os valores registrados de Índice de Langelier (ISL) positivos corroboram com o risco de precipitação de íons carbonato na forma de  $\text{CaCO}_3$ , o que deve ser observado principalmente para a água proveniente das regiões com predomínio de mananciais influenciados pelo calcário, onde mais de 63,16% da água analisada apresentam valores de ISL positivos.

## CONSUMO HUMANO

### Sólidos Dissolvidos Totais

Segundo o CONAMA em sua Resolução nº 357 de 2005, estabelece como padrão de potabilidade, valores máximos permitidos para sólidos dissolvidos totais (SDT)

águas consideradas doces de 0 a 500 mg/L, de 501 a 1.500 mg/L água salobra e acima de 1.500 mg/L a água é classificada como salina.

De acordo com as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) podemos afirmar que não apresentaram nenhuma água classificada como doces, 3,95% classificadas como águas salobras e em sua maioria 96,05% de águas salgadas.

Conforme a Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano no valor máximo permitido de 1000 mg L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos totais, o que representa 2,63 % de amostras analisadas dentro do padrão.

### **Potencial Hidrogenionico (pH)**

Os valores de pH das fontes de água em estudo oscilaram de 6,6 a 9,0. As águas coletadas nos poços tubulares apresentaram valores de pH médio de 8,24, ou seja, alcalino.

De acordo com a Resolução CONAMA no. 357/05 (BRASIL, 2005) e com a Portaria 2914/11 do MS, que considera os valores de pH de água de 6,0 a 9,5 como sendo normais para o consumo humano, pode-se dizer que todas as águas coletadas apresentaram pH dentro do padrão adequado para consumo humano.

### **Alcalinidade total**

A alcalinidade total das amostras de água variou de a 155,72 a 681,37 mg L<sup>-1</sup>, com média de 348,1 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 344,6 mg L<sup>-1</sup> com desvio padrão de 111,6 e coeficiente de variação de 32,1.

Considerando que o valor máximo permitido (VMP) da alcalinidade total em águas para consumo humano recomendada pela OMS (1999) é de 400 mg L<sup>-1</sup>, em toda a pesquisa 73,68% das águas analisadas possuíram valores de alcalinidade total dentro dos padrões normais.

### **Dureza Total**

De acordo com o que estabelece a Portaria no. 2914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), em relação aos valores limites da dureza na água utilizada para consumo humano (500 mg L<sup>-1</sup>), pode-se dizer que 60,53% das amostras de água

coletadas são consideradas próprias para o consumo de acordo com a legislação brasileira vigente.

Isso porque a dureza total das amostras de água variou de 73 a 1173,84 mg L<sup>-1</sup>, com média de 508,9 mg L<sup>-1</sup>, mediana de 436,9 mg L<sup>-1</sup>, 289,7 de desvio padrão e 56,9 de coeficiente de variação.

### **Cátions (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>)**

Nas águas coletadas dos poços tubulares na segunda etapa foram encontradas, respectivamente, as seguintes concentrações dos cátions: cálcio (Ca<sup>++</sup>) 26 e 711 mg L<sup>-1</sup> com média de 212,8 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 159,0 mg L<sup>-1</sup>, 165,0 de desvio padrão e 77,5 de coeficiente de variação. Das 76 amostras de água analisadas 57,89% estão dentro do padrão de potabilidade.

Nas águas estudadas, as concentrações de Sódio (Na<sup>+</sup>) 101,2 e 3385,14 mg L<sup>-1</sup> com média 985,0 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 1036,4 mg L<sup>-1</sup>, 555,7 de desvio padrão e 56,4 de coeficiente de variação. Estando, portanto 2,63% das amostras fora do padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente.

A concentração média do íon potássio (K<sup>+</sup>) 3,1 e 179,4 mg L<sup>-1</sup> com média 34,2 mg L<sup>-1</sup> e mediana 25,7 mg L<sup>-1</sup>, 32,0 de desvio padrão e 93,5 de coeficiente de variação.

Na segunda etapa desta avaliação, constatamos que os índices de potássio ficaram bem abaixo do valor permitido para 31,58% das amostras.

As amostras apresentaram valores do magnésio (Mg<sup>++</sup>) = 33 e 691,4mg L<sup>-1</sup> com média de 296,1 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 264,3 mg L<sup>-1</sup>, 173,5 de desvio padrão e 58,6 de coeficiente de variação. Demonstrando que 19,74% das águas analisadas estão bem acima dos valores permitidos para água subterrânea com finalidade de potabilidade.

### **Ânions (Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>=</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Nas águas de Boa Vista foram encontradas, respectivamente, as seguintes concentrações dos ânions: as concentrações de carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) variaram de 0 a 496,8 mg L<sup>-1</sup> com média de 83,4 mg L<sup>-1</sup> e mediana de 75,6 mg L<sup>-1</sup>.

Os teores de cloreto variaram de 146,3 mg L<sup>-1</sup> a 7091,1 mg L<sup>-1</sup> com média de 2770,1 mg L<sup>-1</sup> e mediana 2637,1 mg L<sup>-1</sup> no primeiro período na região do município.

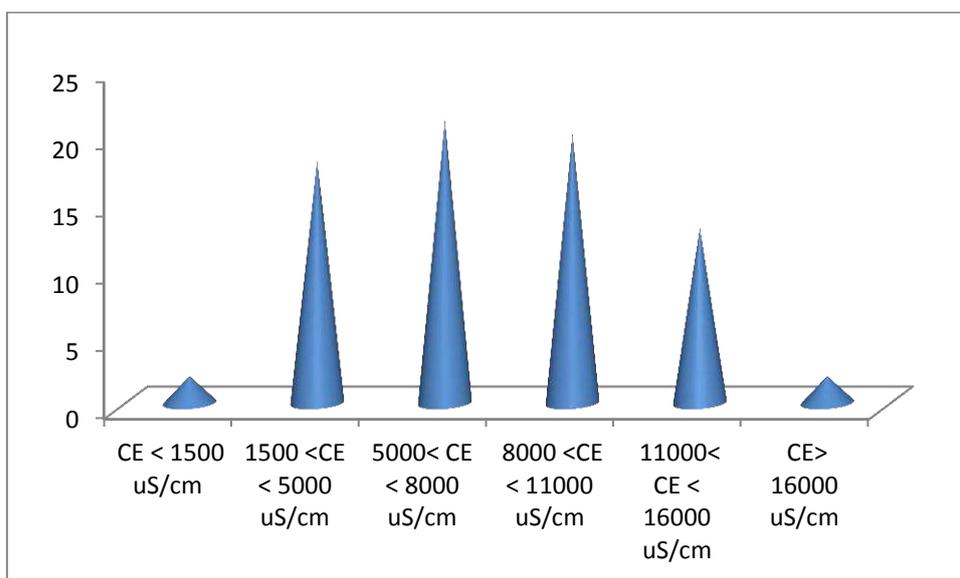
Na avaliação geral da região apresentou 98,68% dos valores obtidos nas análises os níveis de cloreto ficaram muito acima do permitido.

Nessas águas como nas demais, provenientes das outras fontes, o íon  $\text{Cl}^-$  é o que predomina, tanto na primeira como na segunda etapa.

De acordo com o que estabelece a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005) e a Portaria n. 2914 (BRASIL, 2011), em relação aos valores limites do ânion ( $\text{Cl}^-$ ) presentes nas águas utilizadas para consumo humano, pode-se dizer que em relação ao cloreto, 98,68% apresentaram acima dos limites estabelecidos por estas normativas.

A variação de bicarbonato encontrada foi de 56,1 e 608,2  $\text{mg L}^{-1}$  com média de 264,7  $\text{mg L}^{-1}$  e mediana de 258,6  $\text{mg L}^{-1}$ .

### CONSUMO ANIMAL



**Figura 32:** Análise de água para animais segundo o padrão condutividade elétrica

De acordo com a (Figura 33) 2,63% as mostras estão com a condutividade elétrica da água abaixo de 1500  $\text{uS/m}$  que são água de excelente qualidade adequada para todas as classes sem nenhum risco para qualquer animal, 23,68% estão com a condutividade elétrica da água entre 1500 e 5000  $\text{uS/m}$  são águas com qualidade muito satisfatória que podem provocar diarreia em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves, 27,63% estão com a condutividade elétrica da água entre 5000 e 8000  $\text{uS/m}$  satisfatória para o gado e não satisfatória para as aves, essas águas podem produzir diarreia temporária ou não ter aceitabilidade por animais não acostumados e aumento de mortalidade reduzindo o crescimento, principalmente em perus, 26,32% estão com a condutividade elétrica da água entre 8000 e 11000  $\text{uS/m}$  de uso limitado

para o gado e não apta para as aves evitar essas águas para fêmeas prenhas e em lactação, portanto não é adequada para as aves domésticas, 17,11% estão com a condutividade elétrica da água entre 11000 e 16000 uS/m de uso limitado provocando grandes riscos para vacas lactantes ou prenhas e animais mais velhos podem subsistir em certas condições e 2,63% estão com a condutividade elétrica da água acima de 16000 uS/m o que não recomendável apresentando riscos muito grandes segundo a Academia Nacional de Ciências dos EUA (1972) apud Ayers e Westcot (1999) para classificação de água para consumo animal.

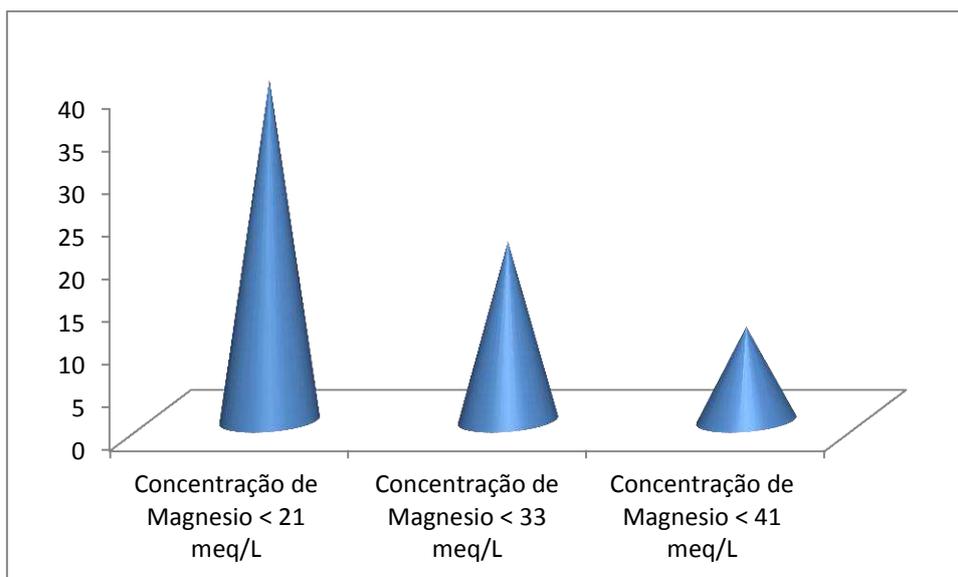
### **Quanto ao teor de Magnésio na água**

Em 14,47% das análises de água, o valor de magnésio, ultrapassou o limite de 41 meq L<sup>-1</sup>, isto é, o maior valor encontrado foi de 57,62 meq L<sup>-1</sup> não recomendado para nenhum tipo de animal, portanto para este parâmetro conforme limites estabelecidos pelo permitindo pelo Australian Water Resources Council (1969), citado em Ayers e Westcot (1999).

Na pesquisa, 85,53% estão abaixo de 41 meq/L. Esta avaliação segue limites estabelecidos pelo Australian Water Resources Council (1969), citado em Ayers e Westcot (1999).

Assim, deve-se considerar o teor de Mg<sup>2+</sup> na avaliação das águas, sobretudo quando a salinidade exceder 6,6 dS/m (4.000 mg/L) em águas usadas pelo gado bovino e 10 dS/m (6.000 mg/L), pelos ovinos (AYERS; WESTCOT, 1994) o que aconteceu em das amostra de água ficaram acima de 6,6 (59,21%) e 10 dS/m (26,32%).

Os valores de magnésio variaram entre 2,8 e 57,6 meq/L, com valor médio de 214,7 meq/L, mediana 22,0 meq/L, desvio padrão de 14,5 meq/L e coeficiente de variação de 58,6 meq/L.



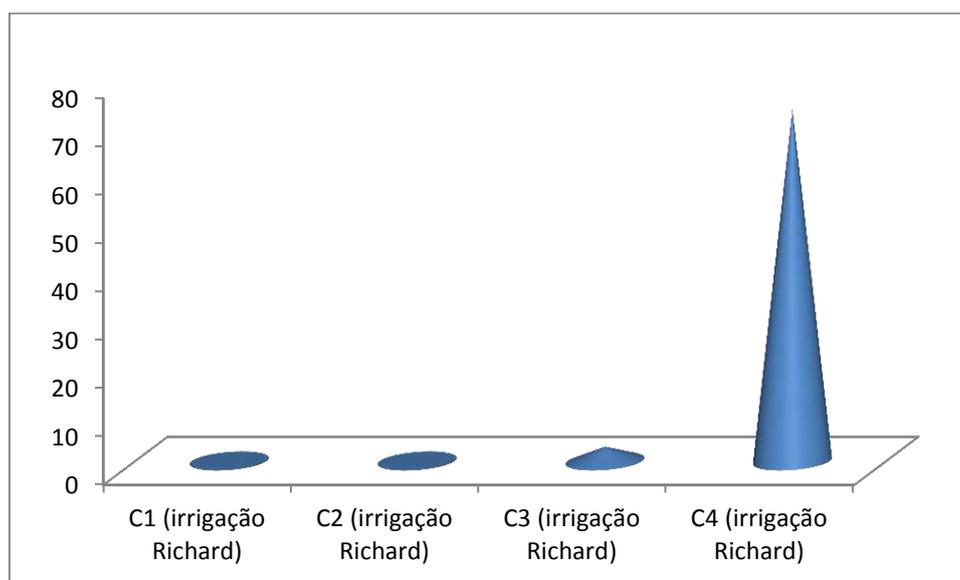
**Figura 33:** Análise para o parâmetro magnésio

Os valores de sais de magnésio presente na água representam outra limitação de uso, e para a atividade de pecuária, de acordo com a Figura 34, 47,37% das amostras estão com a concentração de magnésio abaixo de 21 meq/L, ou seja, não ultrapassaram o limite para dessedentação de aves confinadas, suínos, equinos, vacas lactantes, ovelhas e filhotes cordeiros. Das 72,37% amostras analisadas estão com a concentração de magnésio abaixo de 33 meq/L não ultrapassaram o limite para dessedentação de aves confinadas, suínos, equinos, vacas lactantes, ovelhas, filhotes cordeiros e bovinos de corte. E 85,53% amostras estão com a concentração de magnésio abaixo de 41 meq/L não ultrapassaram o limite para dessedentação de aves confinadas, suínos, equinos, vacas lactantes, ovelhas e filhotes cordeiros e para ovinos adultos que são alimentados por feno, portanto para este parâmetro conforme limites estabelecidos pelo permitindo pelo Australian Water Resources Council (1969), citado em Ayers e Westcot (1999) estão dentro do padrão.

A variação da água, quanto ao valor de potencial hidrogeniônico (pH) foi de 6,1 a 10,1, e embora não se tem um parâmetro para animal, podemos correlacionar com os limites de tolerância para consumo humano que é entre 6,0 e 9,5, segundo a portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, portanto pode correlacionar que 82 amostras estão adequadas para todos os animais, exceto 4 amostras(4,65%) ultrapassaram o limite estabelecido.

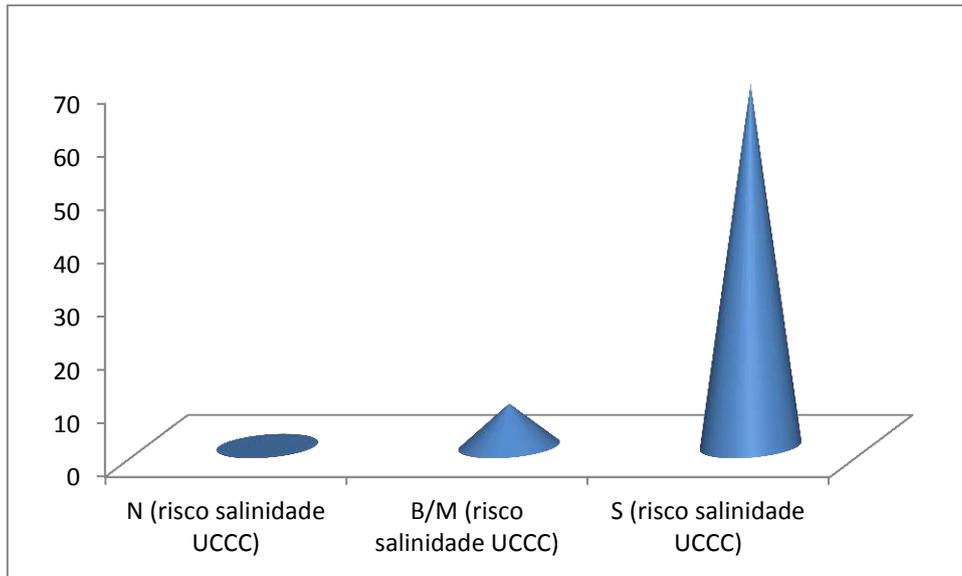
## CARBONATO DE SÓDIO RESIDUAL

O carbonato de sódio residual é aceitável para 100% das amostras que segundo Wilcox et al., (1954) água com CSR até 1,5meq/L não oferece nenhum perigo, é aceitável não oferecendo nenhum risco.



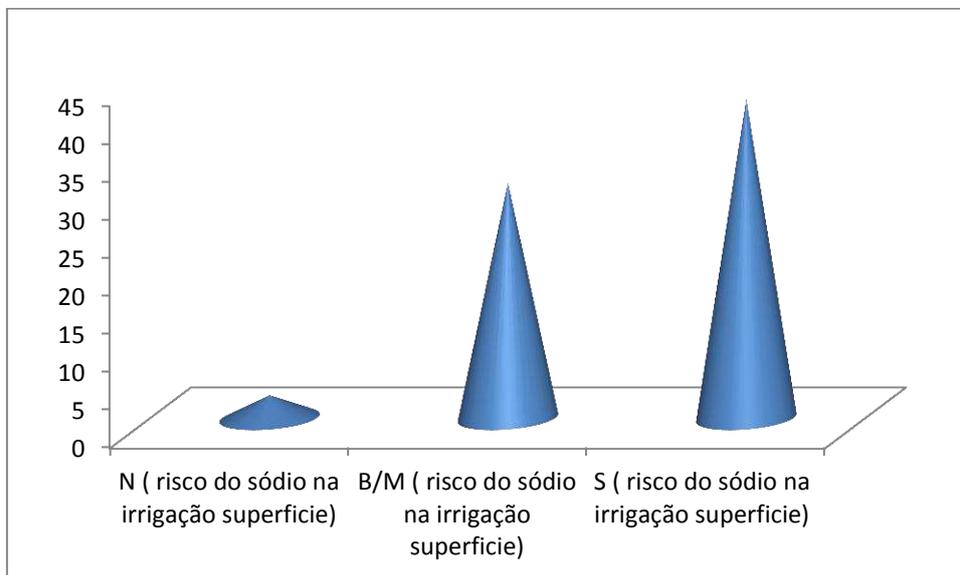
**Figura 34:** Análise da condutividade elétrica da água para irrigação segundo Richard

A condutividade elétrica da água (CEa) é o parâmetro utilizado por Richards para classificar as águas de irrigação quanto ao risco de salinidade. Os resultados encontrados com as análises de água do município de Boa Vista-PB (Figura 35) apresentaram 0 de amostras (0%) pertencente a classe C1 (0 – 250 uS/cm) água de excelente qualidade de baixo perigo de salinidade; 0 amostra, 0% pertencente a classe C2 (250 – 750 uS/cm) classificada como boa qualidade de água e com médio perigo de salinidade; 3 amostras, 3,95% pertencente a classe C3 (750 – 2.250 uS/cm) com qualidade água regular e alto perigo de salinidade e 73 amostras, 96,05% pertencente a categoria C4 (> 2.250 uS/cm) com qualidade ruim de água e o perigo de salinidade de muito alto.



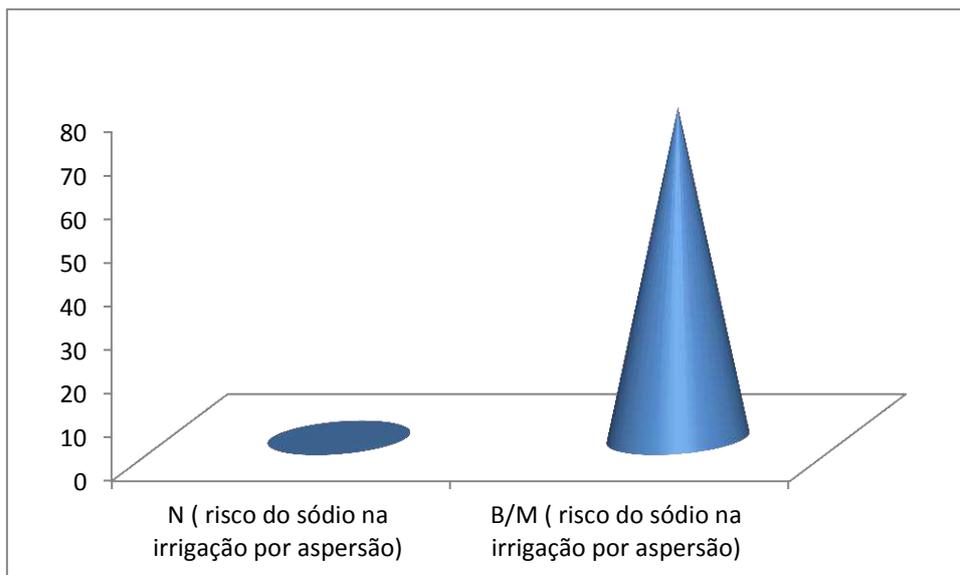
**Figura 35:** Risco de salinidade pela UCCC

De acordo com o risco de salinidade pela UCCC 0% das águas apresentam nenhum risco, 10,53% apresentam de baixo a moderado risco e 89,47% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 36).



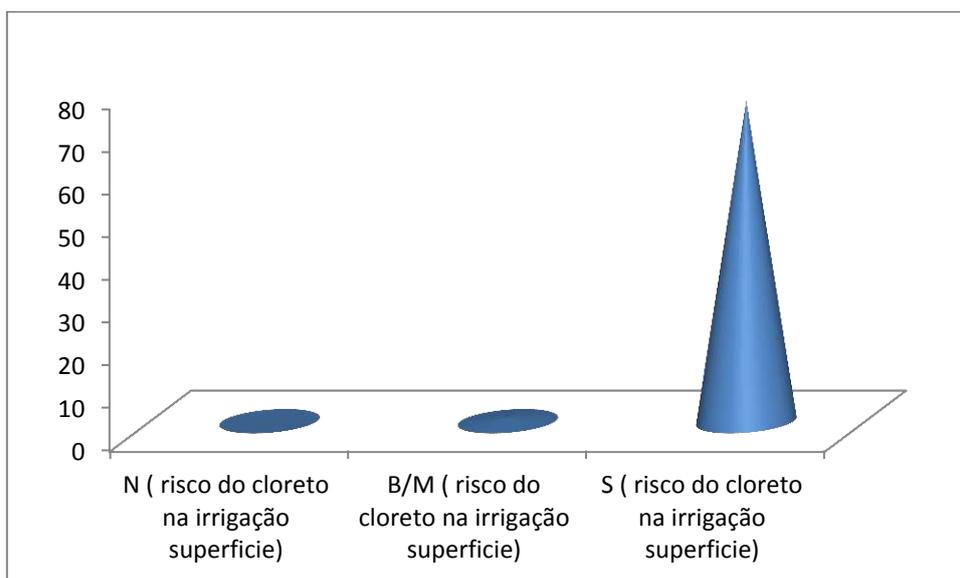
**Figura 36:** Risco do sódio na irrigação por superfície

De acordo com o risco de sódio na irrigação por superfície pela UCCC 3,95% das águas apresentam nenhum risco, 40,79% apresentam de baixo a moderado risco e 55,26% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 37).



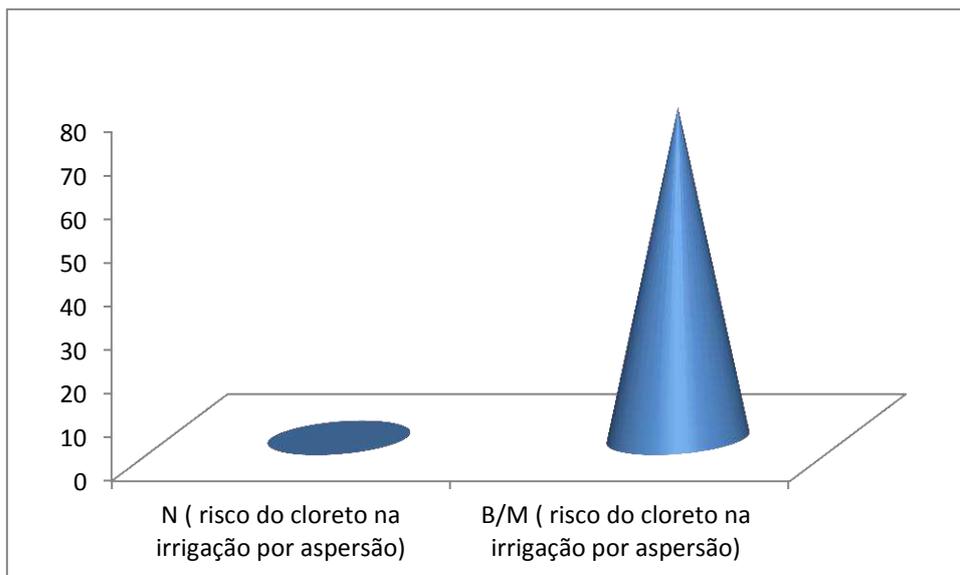
**Figura 37:** Risco de sódio na irrigação por aspersão

De acordo com o risco de sódio na irrigação por aspersão pela UCCC 0% das águas apresentam nenhum risco, 100% apresentam de baixo a moderado risco de salinizar o solo (Figura 38).



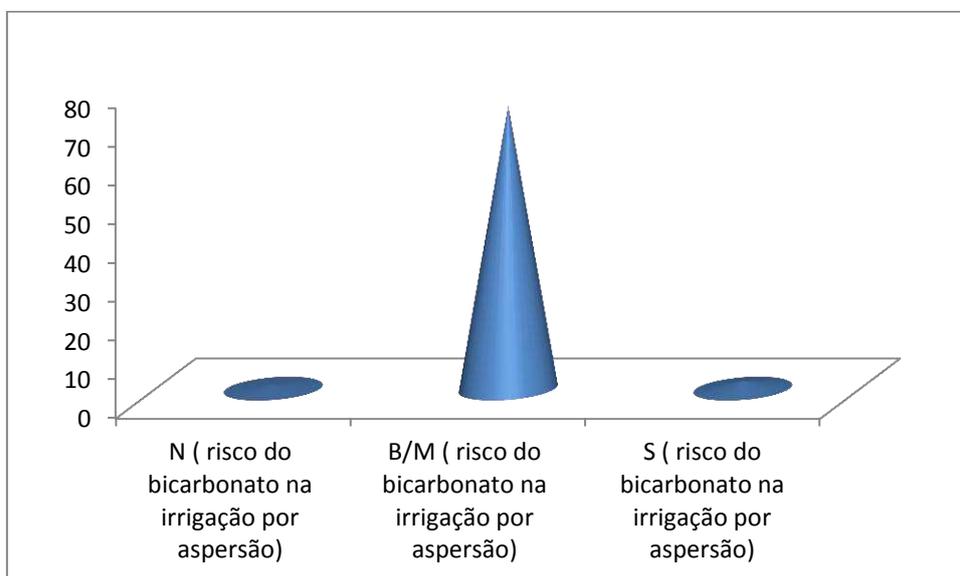
**Figura 38:** Risco do cloreto na irrigação por superfície

De acordo com o risco de cloreto na irrigação por superfície pela UCCC 0% das águas apresentam nenhum risco, 1,32% apresentam de baixo a moderado risco e 98,68% apresentam severo risco de salinizar o solo (Figura 39).



**Figura 39:** Risco do cloreto na irrigação por aspersão

De acordo com o risco de sódio na irrigação por aspersão pela UCCC 0% das águas apresentam nenhum risco, 100% apresentam de baixo a moderado risco de salinizar o solo (Figura 40).



**Figura 40:** Risco do bicarbonato na irrigação por aspersão

De acordo com o risco de bicarbonato na irrigação por aspersão pela UCCC 1,32% das águas apresentam nenhum risco, 96,05% apresentam de baixo a moderado risco de salinizar o solo e 2,63% com severo risco (Figura 41). Essas águas devem ser utilizadas com bastante cautela, principalmente, na irrigação por aspersão, devido ao

problema de incrustações que o bicarbonato provoca sobre as folhas, frutos e flores. Mesmo que a quantidade desse íon na água seja pequena esse problema poderá ser observado em regiões de alta evaporação e umidade abaixo de 30% (AYERS & WESTCOT, 1991). Além da má aparência no produto comercial, águas ricas em bicarbonatos podem causar a formação de camada compactada no solo reduzindo a permeabilidade e infiltração de água através do perfil (MORAIS et al., 1998).

### Relação $Ca^{2+}/Mg^{2+}$

Observando-se a relação  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  7,89% das águas dos poços não induzem a deficiência de cálcio às plantas, se usada para irrigação, pois os valores são superiores a unidade (1,0) ao longo do período amostrado, posto que AYERS & WESTCOT (1991) afirmam que quando as reservas do solo não são suficientemente altas, valores inferiores a 1, são prejudiciais o que representa 92,11% das amostras.

## 2 etapa

	<i>Cea</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Co3</i>	<i>Hco3</i>	<i>Cl</i>
<i>Cea</i>	1							
<i>Ca</i>	0,590325	1						
<i>Mg</i>	0,895734	0,464394	1					
<i>Na</i>	0,870526	0,472637	0,70184	1				
<i>K</i>	0,447362	0,028393	0,465648	0,378942	1			
<i>Co3</i>	-0,03593	-0,29628	-0,09702	0,058786	-0,03772	1		
<i>Hco3</i>	-0,06951	-0,20079	0,000291	-0,09415	0,108981	-0,25096	1	
<i>Cl</i>	0,990986	0,604389	0,893677	0,860135	0,443823	-0,08391	-0,07237	1

Existe uma forte positiva correlação entre o magnésio, sódio e o cloreto com a condutividade elétrica. Cálcio e a condutividade elétrica uma correlação moderada positiva.

Cálcio e o magnésio fraca positiva. Cálcio e a condutividade elétrica moderada positiva. Sódio e o cálcio fraca positiva. Magnésio e o sódio moderada positiva. Cloreto com o sódio e o magnésio relação forte positiva. Cloreto e o cálcio moderada positiva. Condutividade e potássio fraca positiva. Potássio com magnésio e o cloreto relação fraca positiva. Sódio e potássio fraca positiva.



**BEBEDOUROS PARA ANIMAIS**



**IRRIGAÇÃO DE CAPIM**

**PRÉ-MOLDADOS FEITOS COM ÁGUA DO POÇO TUBULAR**

## CONCLUSÕES

A região estudada de Boa Vista-PB apresentou em suas águas subterrâneas como águas salinas podemos recomendar para a região várias plantas que são capazes de crescer sob condições de solo e de água salina. Existem várias espécies de forrageiras halófitas que se diferenciam de acordo com a tolerância a salinidade: i) Moderada Tolerância a Salinidade (5 a 25 dS/m) - *Acacia saligna*; *Lotus tenuis*; *Lotus corniculatus*; *Medicago polymorpha*; *Medicago sativa*; *Melilotus alba*; *Melilotus indicus*; *Trifolium alexandrinum*; *Trifolium ambiguum*; *Trifolium fragiferum*; *Trifolium michelianum*; *Trifolium resupinatum*; *Trifolium squamosum*; *Trifolium tomentosum*; *Enteropogon acicularis*; *Eragrostis curvula*; *Festuca arundinacea*; *Hordeum vulgare*; *Leptochloa fusca*; *Leymus angustus*; *Leymus triticoides*; *Lolium perenne*; *Lolium multiflorum*; *Paspalum*; *Hordeum marinum*; *Pennisetum clandestinum*; *Puccinellia ciliata*; *Sporobolus*; *Thinopyrum ponticum*; *Chenopodium* e ii) Alta Tolerância a Salinidade (>25 dS/m) - *Acacia ampliceps*; *Hedysarum carnosum*; *Melilotus segetalis*; *Distichlis spicata*; *Sporobolus virginicus*; *Chloris gayana*; *Cynodon dactylon*; *Pascopyrum smithii*; *Allenrolfea occidentalis*; *Atriplex amnicola*; *Atriplex halimus*; *Atriplex nummularia*; *Atriplex semibaccata*; *Atriplex undulate*; *Atriplex lentiformis*; *Kochia scoparia*; *Halosarcia* spp.; *Maireana brevifolia*; *Salicornia bigelovii*; *Suaeda* spp.

Analisando-se a qualidade da água através do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica (CE), de modo geral, os corpos de água estão inaptos para consumo humano, animal e irrigação. Predominam nas águas analisadas os elementos, cloreto e sódio, sendo assim, essas águas tem alto a muito alto risco de salinidade e sodicidade, respectivamente, quando utilizadas.

Como nos anos de 2014 e 2015, em virtude da pouca ou quase nenhuma precipitação pluviométrica da região, as fontes de água subterrânea tiveram seus teores de sais aumentados o que desfavoreceu sua recomendação para consumo animal.

Recomenda-se, portanto para regiões de águas salinas, a realização de pesquisas enfocando as plantas arbustivas e arbóreas tolerantes à salinidade, como *Beldroega* e *Melisia* (Família *Portulacea*) e coco (*Cocos nucifera*), e uso dessas águas na aquicultura, na criação de tilápia e camarão.

Recomenda-se também a construção de cisterna e cisternões para a diluição das águas para que elas possam ser oferecidas aos animais, pois as mesmas apresentam altas concentrações de sais.

É necessário que haja o fechamento dos poços para evitar que o mesmo extravase água, retirando sal da rocha e trazendo a superfície e com as chuvas o mesmo seja carreado para os mananciais, fazendo com o aumento a carga de sal impossibilitando seu uso para consumo humano e animal.

As equações geradas são de grande relevância econômica para atividade agropecuária para produtor rural e/ou técnico de assistência técnica, pois poderão em posse de um condutivímetro portátil, determinar a condutividade elétrica da água e através da equação obter uma estimativa do teor de magnésio, cloreto e sódio na fonte, permitindo enquadrar a água para o destino adequado de dessedentação animal e evitando interferências nos índices zootécnicos e disseminação de enfermidades, com conseqüente prejuízos financeiros.

## REFERÊNCIAS

ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas). XII Congresso de Águas Subterrâneas, 2002. Pode faltar água no planeta azul. Fabrica de Comunicação. Disponível em: [http://www.abas.org/cabas/nt\\_0008.php](http://www.abas.org/cabas/nt_0008.php). Acesso em: 18 out. 2015.

AESA- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, acessado em <<http://geo.aesa.pb.gov.br/> e <http://www.aesa.pb.gov.br/> > em set 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Brasília: ANA, 2007. 113p.

ALVES, C. Tratamento de Águas de Abastecimento. 2ª Edição. Publindústria, Edições Técnicas. Porto. 2007. 335p.

AMARAL LA. Controle da qualidade da água utilizada em avicultura. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE OVOS, 2., 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: APA, 2000, p. 99-108.

ANA – Agência Nacional de Águas. Caderno de Recursos Hídricos: Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Brasília, DF. Maio de 2005. 80 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional. Brasília, DF, 2010. Vol. 1. 72 p.

ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2000. Brasília: DNPM, v.29, 2000. 401p.

ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; TURCO, S. H. N., et al. A água nos sistemas de produção de caprinos e ovinos. In: Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina, 2011, 553p.

ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI T. V.; TURCO, S. H.N.; PEREIRA, L. G. R. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/916896/1/03Aguanossistemasdeproducaodecaprinoseovinos.pdf.pdf> A água nos sistemas de produção de caprinos e ovinos Acesso em 2016.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. 3rd. ed. Rome: FAO, 1994. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).

AZEVEDO, A.C. e DALMOLIN, R.S.D. **Solos e Ambiente: uma introdução**, ED. Pallotti, Santa Maria-RS, 2004.

BAGLEY, C. V.; AMACHER, J. K.; POE, K. F. Analysis of water quality for livestock. Logan: Utah State University, Cooperative Extension. 7p, 1997.

BAIRD, C. Química Ambiental. Trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2002, 622p.

BARRÊTO, J.F. Avaliação dos recursos hídricos da sub-bacia hidrográfica do rio taperoá. Dissertação de mestrado, universidade Federal de campina grande, 2007.

BALACHANDAR, D., SUNDARARAJ, P., RUTHARVEL, M. K., & KUMARASWAMY, K. AN investigation of groundwater quality and its suitability to irrigated agriculture in Coimbatore District, Tamil Nadu, India – A GIS approach. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(2), 2010 176-190.

BATALHA BL & PARLATORE AC. *Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. CETESB, São Paulo, 1993 p 186.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357**. Diário Oficial da União de 18/03/2005. Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 de Abr. 2008. Seção Resoluções, 71p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 de Dez. 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM – Serviço Geológico do Brasil [CD ROM] **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil, Sistema de Informações Geográficas SIG**. Mapas na escala 1:2.500.000. Brasília: CPRM, 2001. Disponível em 04 CD's.

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S. Trickle irrigation for crop Production: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, cap 3.1986. 163p.

CADIER, E. Manual do pequeno açude. Recife: SUDENE, 1992. 524 p.

CARNEIRO, J.O. **Recursos de Solo e Água no Semi-Árido Nordeste**. João Pessoa: A UNIÃO, 1998.115 p.

CASALI, CARLOS A. Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2008 p 68

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia*, Londrina, v. 8, n. 1, p. 91-97, 1999.

CETESB. Licenciamentos, outros documentos. Disponível em [http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/outros\\_documentos.asp#2](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/outros_documentos.asp#2). Acesso em: Outubro, 2015.

CONAMA. Resolução nº 357, de 2005. *Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil*. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2005.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2000. Programa de Água Subterrânea para o Semi-Árido Brasileiro – Diretrizes Programáticas 2000 a 2003. 36 p.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. *Hidrología subterránea*. 2 ed. Barcelona: Ed Omega S/A, v.2, 1983.

DAKER, A. Irrigação e Drenagem 4ª ed. Rio de Janeiro. Liv. Freitas Bastos S.ª 1970 453p.

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L., FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. Mapeamento e avaliação da potabilidade subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p

FAO/UNESCO. Irrigation, drainage and salinity. Paris, Hutchison, 1973. 510p.

FAO. Crops and drops: making the best use of water for agriculture. Roma 2002. 22p.

FAO (Roma, Itália). Estudios de caso de especies vegetales para zonas eridas y semieridas de Chile y Mexico. Santiago: Oficina regional de la FAO para America Latina y el Caribe, 1996. 143p. il (FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Zonas Aridas y Semiaridas, 10).

FARIAS, S. A. R., BARACUHY, J.G. DE V., SANTOS, J.S. DOS, FERREIRA, A.C., FERNANDES NETO, S., ROCHA, J.S.M. DA, Capítulo 6-Gestão de bacia hidrográfica. Manejo ecológico integrado de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro. CNPQ, Campina Grande-PB, EPGRAF, 2012, 511P.

FEITOSA, F.A.C; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2ºed. Fortaleza: CPRM/REFO. LABHID-UFPE. 2000. 391p.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte – CE. *Revista Engenharia Sanitária*, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p.92-102, 2006.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Acessado <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> em set 2011.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Geografia do Brasil. Região Nordeste*. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977. Disponível em 1 CD.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Mapas Base dos municípios do Estado da Paraíba*. Escalas variadas. Inédito.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/recursos\\_hidricos/regionais/nordeste\\_hidrogeologico.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/recursos_hidricos/regionais/nordeste_hidrogeologico.pdf) Acesso em: 19 nov 2013. <http://www.ecodebate.com.br/2013/12/18/ibge-mapeia-aguas-superficiais-e-subterraneas-do-nordeste/>

JASTER, E. H.; SCHUH, J. D. E.; WEGNER, T. N. Physiological Effects of Saline Drinking Water on High Producing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* V.61, p.66- 71, 1978.

LARAQUE, A. Estudo e previsão da qualidade de água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro. Recife, SUDENE 1989. 59P.

LARDY, G., STOLTENOW, C., JOHNSON, R. *Livestock and Water*. North Dakota State University, Fargo, North Dakota. 2008.

MAM-Ministério da Agricultura e do Mar. Água de Qualidade Adequada na Alimentação Animal DGAV Rev-2.FEV 2014; 14/03/2014

MANOEL FILHO, J. Em *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*; Feitosa, F. A. C.; Manoel Filho, J., eds.; 2a. ed. CPRM (LABHID-UFPE): Fortaleza, 2000, cap. 6.

MANOEL FILHO, J. – Ocorrência das Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. (1997) - *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM. cap. 2. 2a ed. p.13-33, 2000.

MARIA, N.; ALBERTO, D. A importância da água na produção de ovos. *Revista Plantar*, n.27, p.34-35. 2009. Disponível em: <http://www.revistaplantar.com.br/vrpress.php?pagina=&edicao=9&larg=1028&alt=772>. Acesso em 2009.

McGREGOR, B.A. *Water quality and provision for goats*. Australian Government. Rural Industries Research and Development Corporation, p. 19. 2004

MOLLE, F. & CADIER, E. *Manual do Pequeno Açude*. SUDENE/ORSTOM/TAPI, 1992. 523p

MEDEIROS, J. F, de; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M. de. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n. p.469-472, 2003.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; SRH-SECRETARIA DE RECURSOS

HÍDRICOS. PNRH-Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese executiva. Brasília, ISBN 85-7738-013-0, 2006. 135p.

MOBUS, G. Qualigraf: *software* para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza, 2003. Disponível em: <<http://www.funceme.br>. Acesso em: 10 de nov. de 2015.

OBIEFUNA, G. I.; SHERIFF, A. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, v.3, n.2 p.131-141, 2011.

ORGANIZATION MUNDIAL DE LA SALUD. Guias para la calidad del água potable. 2. ed. Genebra: OMS, v.1,1999.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L. Considerações sobre as características de qualidade das águas subterrâneas de Blumenau – SC em relação à Resolução CONAMA 396. Águas Subterrâneas, v.23, p.69-84, 2009.

PEREIRA, J.R. Solos salinos e sódicos. In: 15ª Reunião brasileira de fertilidade do solo, Campinas, SP, SBCS, p.127-143, 1983.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions American Geophysical Union, 1944, 25. p. 914 -923

PNRH - PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. 2006. Panorama e o Estado dos Recursos Hídricos do Brasil - volume 1. Ministério do Meio Ambiente. Brasília.

POHLING, R. Reações químicas na análise de água. Fortaleza: editora Arte Visual, 1.ed. 2009. 20p.

PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA-Diagnóstico do município de Gurjão-2005

REBOUÇAS, A. da C.; MARINHO, M.E. Hidrologia das Secas do Nordeste do Brasil .Recife, SUDENE-DNR, Divisão de Hidrologia, 1972.126p.

REBOUÇAS, A.C. 1988. Groundwater in Brazil. Episodes, v. 11, n. 3, p. 209-214.

RICHARDS, L. A. (ed) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook; 60).

RODRIGUES e SILVA, F. B.; SANTOS, J.C.P.; SILVA, A. B. et al [CD ROM] Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico. Recife: Embrapa Solos. Petrolina: Semi-Árido, 2000. Disponível em 1 CD

RUNYAN, C.; BADER, J. Water quality for livestock and poultry. In: AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1976. 1994. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: Hidrologia: Conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

SAWYER, C.; MCCARTY, P. L. Chemistry for environmental engineering. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987. 532 p.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência & Saúde Coletiva* 2003, vol 8, n 04 São Paulo p 1019-1028.

SUASSUNA, J. Reporte Brasil. Artigo - A má distribuição da água no Brasil. 2004. Disponível em: <http://reporterbrasil.org.br/imprimir.php?escravo=1&id=239> Acessado em: 14-07-2016.

SUDENE, Dados Básicos Climatológicos do Nordeste, Recife-PE, 1984.

SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Monitoramento dos reservatórios de consumo humano. Disponível em: <[http://www.sudema.pb.gov.br/servicos\\_monitoramento.shtml](http://www.sudema.pb.gov.br/servicos_monitoramento.shtml)>. Acesso em: 23 ago. 2006.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar, 2003, 180p.

TUCCI, C. E. M. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001, 2003. 156p.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, 2003. 248 p.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: O Manejo dos Recursos Hídricos em Condições de Incerteza e Risco. 2012. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215491por.pdf>>. Acesso em: 02 de agosto de 2015.

VALTORTA, S.E.; GALHARDO, M. R. A.; GREGORTE, R. F. et al. Efecto de La salinidad sobre El consumo de água de vacas lecheras em lactancia durante períodos cálidos. In: 28º Congresso Argentino de Producción Animal. Bahía Blanca-Argentina, 2005.

VERÍSSIMO, L.S. & FEITOSA, F.A.C. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas da região de Irauçuba, norte do Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. Anais...Florianópolis: ABAS, 2002. 5p

VERÍSSIMO, L.S. & FEITOSA, F.A.C. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas da região de Irauçuba, norte do Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.

VIANA FC. Apontamentos de saneamento. 4. ed. Belo Horizonte (MG): Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária da UFMG, 1978. 57p.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife, 2005. p.118-126.

WHO. Nitrate and Nitrite in Drinking Water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, WHO Press, 2006. 29p.

## Anexos

Tabela descritiva das fontes de água analisadas

PROPRIETÁRIO	PROPRIEDADE	ALTITUDE	LATITUDE SUL			LONGITUDE OESTE			Latitude sul	Longitude oeste	TIPO DE FONTE
Inácio Victor de Araújo	Sítio Roçado do Mato	493	7	17	24,2	36	12	28	7,29	36,21	cata-vento
José Victor Neto	Sítio Roçado do Mato	491	7	17	23,9	36	12	25	7,29	36,21	bomba elétrica
Jonas Ramos de Araújo	Sítio Santo Antônio	507	7	16	25	36	13	35	7,27	36,23	bomba elétrica
Humberto Assis Almeida	Sítio Santo Antônio	514	7	16	21,3	36	13	18	7,27	36,22	bomba elétrica
Damião Pereira Vitorino	Sítio Santo Antônio	510	7	16	24,3	36	13	41	7,27	36,23	bomba elétrica
Luliano	Sítio Santo Antônio	503	7	16	12,6	36	13	51	7,27	36,23	cata-vento
José Cloves carvalho Betino	Sítio Rabicha	471	7	18	32,6	36	10	22	7,31	36,18	cata-vento
sebastião pereira porto	Roçado do Mato	486	7	17	37,3	36	12	55	7,29	36,2	cata-vento
estefania almeida	Lajes	487	7	17	57,7	36	11	64	7,3	36,2	cata-vento
josé abião	Lajes	481	7	18	22,9	36	11	35	7,31	36,2	cata-vento
Ailton	Fazenda Zezão	490	7	16	40,8	36	18	97	7,28	36,3	cata-vento
Anapolinário	São Bento	489	7	16	56,5	36	17	35	7,28	36,29	cata-vento
Suelio Diniz	São Bento	477	7	16	42,2	36	17	11	7,28	36,28	cata-vento

Romildo	São Bento	487	7	16	36,3	36	17	0	2	7,28	36,29	cata-vento
João Pereira	Fazenda Riachão	499	7	16	25	36	18	0	4	7,27	36,31	bomba elétrica
José Antônio da Silva	Malhadinha	516	7	11	44,1	36	12	2	5	7,2	36,21	cata-vento
Francisco e Pedro Barbosa	Malhadinha	544	7	12	1,8	36	10	6	5	7,2	36,18	bomba elétrica
Péricles Levy	Malhadinha	538	7	11	32,4	36	11	3	5	7,19	36,18	compressor
Péricles Levy	Malhadinha	541	7	11	27,1	36	11	8	9	7,19	36,19	cata-vento
Péricles Levy	Malhadinha	538	7	11	34,8	36	11	2	7	7,19	36,19	bomba elétrica
Péricles Levy	Malhadinha	535	7	11	15	36	11	1	4	7,19	36,18	bomba elétrica
Péricles Levy	Malhadinha	536	7	11	5,9	36	11	4	9	7,18	36,19	cata-vento
Simão Barbosa	Mônica	533	7	10	56,1	36	11	8	2	7,18	36,19	cata-vento
Herdeiros de José Barbosa Meia	Mônica	538	7	10	39,2	36	11	5	6	7,18	36,19	cata-vento
José Alberto	Malhadinha	505	7	12	5,5	36	13	0	2	7,2	36,22	bomba elétrica
Evandro	Poço de Pedra	469	7	19	8	36	18	6	5	7,32	36,32	bomba elétrica
Biu charita	Poço de Pedra	478	7	18	39,3	36	19	2	1	7,31	36,32	bomba submersa
Heletos Batista	Raimundo	485	7	17	17	36	18	7	1	7,29	36,3	cata-vento
Heletos Batista	Raimundo	485	7	17	14,2	36	18	3	1	7,29	36,3	Poço Manual
José Elias	Caluête	492	7	14	1,1	36	8	1	2	7,23	36,14	bomba elétrica

Francisco Albino Farias	Caluête	487	7	14	1,6	36	7	0	6	7,23	36,13	cata-vento
Martinho Bernardino	Monte Alegre	547	7	12	40	36	4	1	9	7,21	36,07	cata-vento
José Paulo de Souza	Caluête	482	7	15	4	36	8	4	0	7,25	36,14	cata-vento
Pedro Vitorino Farias	Caluête	498	7	14	56,4	36	9	1	2	7,25	36,15	cata-vento
José de Anchieta Pereira	Caluête	483	7	15	6,8	36	9	0	1	7,25	36,15	cata-vento
Ailton	Fazenda Zezão	488	7	16	48	36	18	1	4	7,28	36,3	bomba elétrica
Evandro	Poço de Pedra	471	7	19	8,8	36	18	5	9	7,32	36,32	bomba elétrica
Dorneles	Poço de Pedra	475	7	20	30,8	36	18	4	5	7,34	36,31	bomba submersa
Marquinho	Marquinho	581	7	10	11,5	36	6	1	4	7,17	36,1	cata-vento
Jorge	sítio mônica	568	7	11	28,8	36	9	3	7	7,19	36,16	bomba elétrica
Beto	sítio mônica	571	7	11	30,7	36	9	2	2	7,19	36,16	cata-vento
Antônio Raposo	Sítio olho d'água	555	7	11	13,9	36	6	2	5	7,19	36,11	cata-vento
Rauro Levy Barbosa	Parque Ivel	532	7	11	18	36	11	1	1	7,19	36,19	bomba elétrica
Rauro Levy Barbosa	Parque Ivel	536	7	11	19,4	36	11	1	7	7,19	36,19	cata-vento
Antônio	Sítio olho d'água	546	7	11	45,8	36	6	4	6	7,2	36,11	cata-vento
		568	7	17	57,3	36	17	2	9	7,3	36,29	cata-vento
antônio gomes de Farias	riacho fundo/caluête		7	13	51,4	36	11	4	3	7,23	36,18	cata-vento

Assis	Sítio Bravo	478	7	21	12,7	36	14	3	7	7,35	36,24	bomba elétrica
João	Sítio Bravo	491	7	20	38	36	14	2	3	7,34	36,24	cata-vento
Assis	Sítio Bravo	487	7	20	46,3	36	14	3	0	7,35	36,24	bomba elétrica
Inácio	Sítio Bravo	472	7	21	14,9	36	14	1	5	7,35	36,24	cata-vento
Herminio	Sítio Bravo	470	7	21	37	36	14	6	7	7,36	36,24	bomba elétrica
Eorique	Sítio Bravo	469	7	21	38,3	36	14	1	6	7,36	36,24	bomba elétrica
Nilda	Sítio Bravo	480	7	21	32,1	36	14	3	4	7,36	36,24	bomba elétrica
Lavanderia	Sítio Bravo	479	7	21	14,3	36	14	2	9	7,35	36,24	bomba elétrica
Luizinho	Sítio Bravo	431	7	22	1,6	36	14	2	2	7,37	36,24	cata-vento
Assis	Sítio Bravo	490	7	20	44,1	36	14	3	2	7,35	36,24	cata-vento
herdeiros francisco fernandes		471	7	18	28	36	19	1	7	7,31	36,32	cata-vento
Deda Almeida		496	7	16	21,5	36	11	3	8	7,27	36,19	cata-vento
José Humberto leite soares		495	7	15	49,1	36	13	38	7,26	36,23		bomba elétrica
libório		480	7	17	42,1	36	17	2	0	7,3	36,29	cat a-ve n t o
Pedro soares		599	7	15	49,4	36	13	3	8	7,26	36,23	cat a-ve n t o

severino			7			36			7	36	
			7			36			7	36	
Dedé de Zé do oin	Riachão dos Bernardinos	490	7	14	57,6	36	18	8	7,25	36,31	bo m ba elé tri ca
Leninio Batista	São Bento	496	7	15	35,1	36	15	5	7,26	36,26	bo m ba elé tri ca
Solange	São Bento	496	7	15	25,4	36	15	5	7,26	36,25	cat a- ve nt o
Dona ester	Santa Rosa	511	7	13	31,2	36	13	5	7,23	36,22	cat a- ve nt o
Ozório	Santa Rosa	507	7	13	13,5	36	14	7	7,22	36,24	cat a- ve nt o
Ricardo	Santa Rosa	499	7	13	59	36	14	1	7,23	36,24	cat a- ve nt o
Gilberto/RIG O	Matumbo	494	7	15	18,1	36	14	8	7,26	36,24	bo m ba elé tri ca
José Libório	Matumbo	494	7	15	21,8	36	14	2	7,26	36,24	bo m ba elé tri ca
Genésio Soares	São Bento	490	7	15	10,3	36	16	2	7,25	36,28	cat a- ve

											nt o
Antônio Paulo	São Bento poço 2/poço seco	500	7	14	47,8	36	17	3 1	7,25	36,29	co m pr es so r
Inácio Sabiá	Poço de juá	498	7	13	51,5	36	19	4 , 1	7,23	36,32	co m pr es so r
avô de rafaela			7	14	22,8 8	36	8	2 2	7,24	36,14	cat a- ve nt o
Antônio Gomes de Farias	Poço de juá	506	7	11	6,1	36	11	2 6	7,19	36,19	cat a- ve nt o