



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

Lícia Cristian Andrade Dantas

**AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO REGIME DE
UM CURSO D'ÁGUA NA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO DO RN.**

Natal
2009

LÍCIA CRISTIAN ANDRADE DANTAS

**AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO REGIME DE
UM CURSO D'ÁGUA NA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO DO RN.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos
Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Perreira de Brito

Natal
2009

Divisão de Serviços Técnicos

Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Dantas, Lícia Cristian Andrade.

Avaliação das barragens subterrâneas no regime de um curso d'água na região do semi-árido do RN / Lícia Cristian Andrade Dantas. – Natal, RN, 2009.
112 f.

Orientador: Arthur Mattos.

Co-orientador: Luiz Pereira de Brito.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Barragens subterrâneas – Dissertação. 2. Semi-árido – Dissertação. 3. Qualidade da água – Dissertação. 4. Abastecimento hídrico – Dissertação. 5. Irrigação – Dissertação. I. Mattos, Arthur. II. Brito, Luiz Pereira de. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 556.3(043.3)

LÍCIA CRISTIAN ANDRADE DANTAS

**AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO REGIME
DE UM CURSO D'ÁGUA NA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO DO RN.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Arthur Mattos Dr. – Orientador

Luiz Pereira de Brito Dr. – Co-orientador

José Luiz Attayde Dr. – Examinador interno UFRN

José Roberto Gonçalves de Azevedo Dr. – Examinador externo UFPE

Natal, 06 de março de 2009

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de alguma maneira, contribuíram para o meu êxito no decorrer do curso. A realização desta pesquisa só foi possível graças à somatória de colaborações, as quais agradeço profundamente, em especial:

A Deus por mais esta oportunidade em minha vida;

Ao meu Pai, Pedro Dantas Pinheiro, e a minha mãe, Lúcia de Fatima Andrade Dantas, pelo apoio, dedicação, carinho e amor ao longo de toda essa caminhada. A minha irmã Líllian, a minha tia Terezinha e Aron Issac pelo apoio e paciência. Aos meus avós, Antônio Andrade e Joanita, pelo carinho;

Ao professor e orientador, Arthur Mattos, e ao professor e co-orientador, Luiz Pereira de Brito, pela grande dedicação e incentivo durante o curso;

Meus sinceros agradecimentos as minhas amigas Janine Patrícia e Socorro Saraiva. Aos amigos Eduardo, Rafael e Luciana do curso de mestrado e aos demais não citados que me ajudaram a concluir este trabalho, obrigada por sua amizade e apoio.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN e funcionários, em especial, Sr. Assis, que com seu espírito de luta nos deu assistência, colaborando nesta longa caminhada, incentivando-nos a vencer os obstáculos, o meu sincero muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUÇÃO.....	14
II. REVISAO DE LITERATURA.....	17
2.1. Água Subterrânea e seu Ciclo Hidrológico.....	17
2.2. Importância da Água Subterrânea e sua Disponibilidade Hídrica.....	20
2.3. Critérios e Características Construtivas das Barragens Submersas.....	23
2.4. Qualidade da Água.....	34
2.5. Variáveis da Qualidade da Água.....	36
2.6. Indicadores da Qualidade da Água de Irrigação.....	52
III. ÁREA DE ESTUDO.....	60
3.1. Serra Negra do Norte-RN.....	60
IV. MATERIAIS E MÉTODOS.....	66
4.1. Método Selecionado.	66
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
VI. CONCLUSÃO.....	106
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Distribuição de água e ar na sub-superfície.....	18
Figura 02 - Esquema simplificado mostrando as principais fases do ciclo hidrológico.....	19
Figura 03 - Distribuição da água na terra.....	21
Figura 04 – Escavação Mecanizada.....	25
Figura 05 – Escavação Manual.....	25
Figura 06 – Impermeabilização.....	26
Figura 07 – Poço Amazonas.....	27
Figura 08 – Enrocamento.....	28
Figura 09 – Enchimento da Vala.....	28
Figura 10 – Esquema de uma Barragem Subterrânea.....	29
Figura 11 – Características que Influenciam a Qualidade da Água Subterrânea..	35
Figura 12 – Nomograma para determinar a RAS das águas de irrigação e para estimar o valor correspondente da PST (Porcentagem de Sódio Trocável) do solo em equilíbrio com a água.....	55
Figura 13 – Redução relativa da infiltração, provocada pela salinidade e a relação de adsorção de sódio.....	57
Figura 14 – Diagrama de classificação das águas para a irrigação.....	59
Figura 15 – Barragem da Conceição (ponto 01).....	61
Figura 16 – Poço do Riacho Fundo (ponto 02).....	61
Figura 17 – Poço Conceição (ponto 03).....	62
Figura 18 – Barragem da Dinamarca (ponto 04).....	62
Figura 19 – Mapa de Serra Negra do Norte-RN.....	64
Figura 20 – Cor da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	72
Figura 21 – Turbidez da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	74

Figura 22 - Potencial Hidrogeniônico da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	75
Figura 23 - STD da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	77
Figura 24 - Dureza Total da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	78
Figura 25 - Alcalinidade Total da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	80
Figura 26 - Concentração de amônia na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	81
Figura 27 - Concentração de nitrato na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	83
Figura 28 - Concentração de cloreto na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	85
Figura 29 - Concentração de zinco na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	86
Figura 30 - Concentração de ferro na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	88
Figura 31 - Concentração de alumínio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	89
Figura 32 - Concentração de manganês na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	91
Figura 33 - Concentração de sulfato na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	92
Figura 34 - Concentração de sódio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	94
Figura 35 - Concentração de potássio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	95
Figura 36 - Coliformes termotolerantes na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	97

Figura 37 - Cálcio corrigido na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	99
Figura 38 - Concentração de magnésio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	100
Figura 39 - Concentração de bicarbonato na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	102
Figura 40 - Condutividade Elétrica da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	103
Figura 41 - RAS° da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Distribuição da água no planeta.....	21
Tabela 02 - Concentração de cálcio (Ca^0) contida na água do solo, próxima à superfície, que resultaria da irrigação com água de determinada reação HCO_3/Ca e $\text{CEa}^{1,2,3}$	56
Tabela 03 - Classificação da água de irrigação quanto ao risco de salinidade.....	58
Tabela 04 - Classificação da água de irrigação quanto aos riscos de sodicidade.....	58
Tabela 05 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, assim como, o padrão de aceitação para consumo humano definido pela Portaria nº518-MS.....	68
Tabela 06 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, assim como, o padrão de potabilidade para substancias químicas que representam risco a saúde definido pela Portaria nº518-MS.....	69
Tabela 07 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, assim como, o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano definido pela Portaria nº518-MS.....	69
Tabela 08 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos não citados pela Portaria nº518-MS.....	69
Tabela 09 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, a fim de determinar o risco de sodicidade e salinidade.....	70
Tabela 10 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas para irrigação nos quatro pontos.....	70
Tabela 11 - Cor da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	72
Tabela 12 - Turbidez da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	73
Tabela 13 - Potencial Hidrogeniônico da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	75

Tabela 14 - STD da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	76
Tabela 15 - Dureza Total da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	78
Tabela 16 - Alcalinidade Total da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	79
Tabela 17 - Concentração de amônia na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	81
Tabela 18 - Concentração de Nitrito na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	82
Tabela 19 - Concentração de Nitrato na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	83
Tabela 20 - Concentração de cloreto na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	84
Tabela 21 - Concentração de zinco na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	86
Tabela 22 - Concentração de ferro na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	87
Tabela 23 - Concentração de alumínio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	89
Tabela 24 - Concentração de manganês na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	90
Tabela 25 - Concentração de sulfato na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	92
Tabela 26 - Concentração de sódio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	93
Tabela 27 - Concentração de potássio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	95
Tabela 28 - Coliformes termotolerantes na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	96

Tabela 29 - Cálcio corrigido na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	98
Tabela 30 - Concentração de magnésio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	100
Tabela 31 - Concentração de bicarbonato na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	101
Tabela 32 - Condutividade Elétrica da água utilizada para a irrigação em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	103
Tabela 33 - RAS° da água utilizada para a irrigação em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	104
Tabela 34 - Risco de Salinidade e Sodicidade da água utilizada para irrigação em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.....	105

RESUMO

O Seridó é uma região do nordeste brasileiro em destaque por seus problemas relacionados à escassez de água, devido ao seu clima semi-árido, grandes taxas de evaporação e chuvas irregulares e escassas. Assim, as barragens subterrâneas, tornam-se um recurso estrategicamente importante com uma técnica simples e barata de armazenamento de água. Estas atuam de forma positiva no desenvolvimento das cidades interioranas que sofrem com a seca, pois, além de exercer um grande papel social no beneficiamento dessas famílias, conseguem aproveitar o tipo de solo (aluvião) e disponibiliza água tanto para irrigação quanto para o consumo humano durante todo o ano. Sendo, portanto imprescindível o seu monitoramento bem como estudos que avaliem sua eficiência de acordo com seus fins, juntamente com seus poços amazonas, uma vez que pode ocorrer a degradação das condições físico-químicas e microbiológicas adequadas, conforme a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde. Contudo, o trabalho proposto tem como objetivo analisar as barragens subterrâneas do município de Serra Negra do Norte–RN (região semi-árida) quanto aos seus usos e as suas influências na qualidade e quantidade da água, nos períodos de seca e de chuva. Analisando mensalmente tais parâmetros: determinação de pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, RAS (razão de adsorção de sódio), turbidez, ferro total, nitrito, nitrato, sólidos totais dissolvidos (STD), bicarbonato (HCO_3), coliformes fecais e Pesticidas comparando com os padrões permitidos pela Portaria em vigor para qualidade para o consumo humano. Enquanto, ao risco de salinidade e sodicidade de acordo com o modelo proposto pelo United Salinity Laboratory (USSL). Apesar de eficientes, encontraram-se resultados que variaram anualmente na qualidade da água as quais podem influenciar nos seus determinados usos, sejam eles irrigação ou abastecimento hídrico da cidade.

Palavras-chave: Barragens subterrâneas. Semi-árido. Qualidade da água. Abastecimento hídrico. Irrigação.

ABSTRACT

The Serido is a region of northeastern Brazil highlighted by its problems related to water scarcity because of its semi-arid region, large rates of evaporation and rainfall irregular and scarce. Thus, the underground dams, become a strategically important resource with a simple and inexpensive technique for storage of water. They act in a positive way in the development of inland cities that suffer from drought, because in addition to exercise a great improvement in the social role of these families, can enjoy the type of soil (silt) and provides water for both irrigation and for human consumption throughout the year. Is therefore essential to its monitoring and studies to assess its effectiveness in accordance with its purposes, along with their wells Amazons, as can occur in conditions of physical degradation, chemical and microbiological appropriate, according to the Ordinance No 518/04 Ministry of Health, however, the proposed work aims to analyze the underground dams in the municipality of Sierra Negra North-RN (semi-arid region) as to their uses and their influences on the quality and quantity of water in periods of drought and rain. Analyzing monthly these parameters: determination of pH, conductivity, calcium, magnesium, sodium, potassium, chloride, sulfate, RAS (sodium adsorption ratio), turbidity, total iron, nitrite, nitrate, total dissolved solids (STD), bicarbonate (HCO_3), fecal coliform and pesticides compared to the standards allowed by the Ordinance in force for quality for human consumption. While at the risk of salinity and sodicity on the model proposed by the United Salinity Laboratory (USSL). Although efficient, it was found that results varied annually on water quality which may influence their specific uses, whether or irrigation water supply in the city.

Key-words: Underground dams. Semi-arid. Water quality. Water supply. Irrigation.

I. INTRODUÇÃO

A região semi-árida do Nordeste é bastante conhecida, devido aos seus problemas de escassez de água, principalmente pela irregularidade na distribuição das chuvas e a sucessão de períodos prolongados de seca. Assim, técnicas de armazenamento desta água são imprescindíveis no aproveitamento dos recursos hídricos para diversos fins.

Além de escassas e mal distribuídas, as chuvas chegam a se concentrar em poucos meses, com índices pluviométricos anuais em torno de 700 mm como no caso do município de Serra Negra do Norte, nos quais os agricultores tentam viabilizar uma agricultura de subsistência.

A exploração dos aquíferos aluviais rasos, por meio das barragens subterrâneas, torna-se, desta forma, um recurso estratégico para o desenvolvimento dessas cidades interioranas que sofrem com esta escassez. Esta técnica se constitui por um barramento artificial do fluxo de água subterrânea, construído comumente encaixado no leito de riachos, a fim de manter o nível freático elevado, aumentar o armazenamento de água e estabelecer condições favoráveis de captação a montante.

Sua construção também impede que a água do aquífero aluvial continue a escoar até que se esgote com o fim do período chuvoso, reduzindo as perdas de água por evaporação, diminuindo as áreas inundadas, conseqüentemente, possibilitando o maior aproveitamento das terras agricultáveis das margens do rio, menor custo de implantação e facilidade na obra. Além de benefícios com as atividades agrícolas, elas exercem uma grande função social beneficiando famílias de agricultores, proporcionando a fixação no campo, devido à disponibilidade de água o ano todo.

A utilização dessas barragens possibilita a exploração agrícola em muitas áreas potencialmente agricultáveis das pequenas e médias propriedades do semi-árido, as quais não dispõem de recursos hídricos suficientes para a irrigação convencional e o abastecimento de água ao longo do ano para o consumo da população rural beneficiada melhorando, por conseguinte, sua qualidade de vida.

A implantação dessa alternativa, segundo BARBOSA et al (2006), é extremamente eficaz nas regiões do semi-árido nordestino, quando são bem construídas e com estudos científicos e pesquisas de campo com relação à quantidade e qualidade da água, a fim de beneficiar por completo essas sociedades.

Segundo os dados do governo do Estado, A Experiência do Projeto de Combate à Pobreza Rural (PCPR) no Rio Grande do Norte, Relatório de Implementação realizado em novembro de 2002 comprovam, mais uma vez, a importância econômica e social dessas barragens. Em 1999, ano de seca, no qual apenas três barragens estavam concluídas, isto é, Curral Queimado, Arapuá e Rolinha, verificou-se o cultivo de 39 hectares de feijão, 3 hectares de melancia, 1,5 hectares de tomate e 6 hectares de capim elefante. Essa área de capim manteve um rebanho bovino e caprino de 1.895 animais (OLIVEIRA, 2003).

Essas barragens submersas são altamente eficientes, mas podem sofrer a ação do transporte de sedimentos e, conseqüentemente, a introdução de nutrientes, que em excesso causam o processo de eutrofização, sem falar no risco da salinização e sodicidade em função do tipo de solo.

O local em análise, região do Seridó Norterio-grandense, possui barragens, das quais há poucos estudos sobre a qualidade da água, podendo estas estarem contaminadas, uma vez que, por meio delas são veiculadas doenças (contaminação biológica e/ou química) ou substâncias que degradam o solo, resultando em baixas produtividades agrícolas, sendo, desta forma, imprescindível avaliar as influências desse tipo de obra, além de observar os parâmetros hidrológicos onde elas foram implantadas avaliando as modificações introduzidas no regime hídrico tanto qualitativo como quantitativo.

Assim, este projeto beneficiará o município e possibilitará o melhor desempenho dessas construções que tem como finalidade mitigar os efeitos gerados pelos longos períodos de estiagens, uma vez que, há uma grande escassez de dados sobre sua situação, podendo estar em más condições sendo, portanto, imprópria tanto para o consumo humano quanto para a agricultura, atividade econômica bastante comum da região. Tendo como principal objetivo

analisar as barragens subterrâneas da região semi-árida do Rio Grande do Norte quanto a sua finalidade (consumo humano e irrigação), quanto ao uso e as suas influências na qualidade e quantidade da água, nos períodos de seca e de chuva.

Tomando como referência a legislação, principalmente a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que trata dos procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, além de propor outras providências, bem como a Resolução nº 717/96, que estabelece as condições mínimas a serem observadas para a implantação de empreendimentos; obras e serviços que interfiram com os recursos hídricos superficiais; a execução de obra para extração de água subterrânea ou o uso de recursos hídricos, de qualquer natureza, em cursos d'água sob sua jurisdição.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Água Subterrânea e seu Ciclo Hidrológico

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, define-se água subterrânea como sendo a água que ocupa a zona saturada do subsolo (Figura 01) ou num sentido mais amplo, toda a água situada abaixo da superfície do solo, na litosfera (ABNT, 1993). Desta forma, podendo ser descrita também como um suprimento de água doce sob a superfície da terra, em um aquífero ou no solo, proveniente da parcela de água que se infiltra, modificando-se conforme a porosidade do solo, a cobertura vegetal e a declividade do terreno, constituindo um reservatório natural para uso humano.

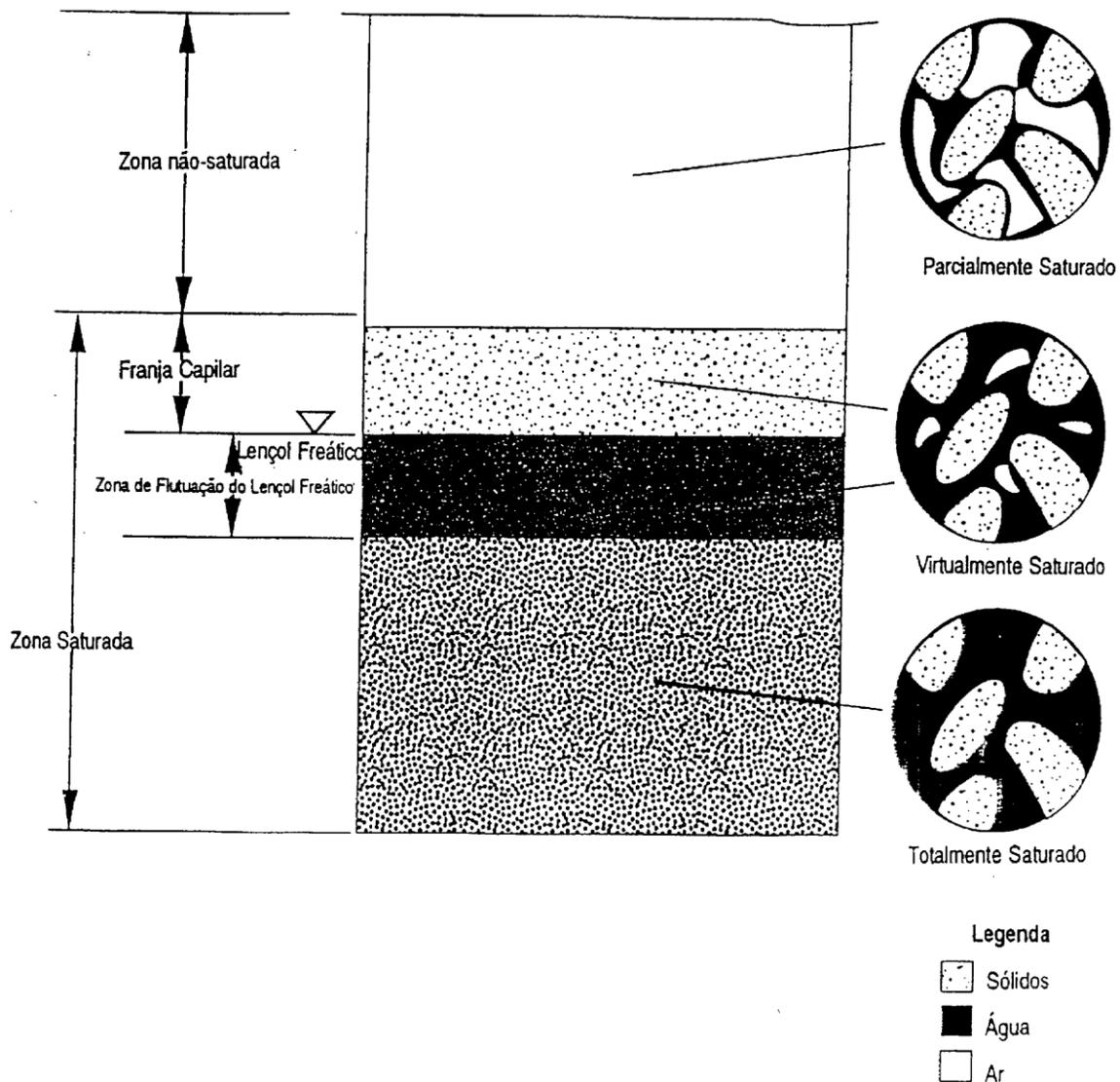


Figura 01 - Distribuição de água e ar na sub-superfície
 Fonte: Publicação da API (1993)

O constante movimento da água na natureza tem sua origem na chegada contínua da energia solar, permitindo que a água evapore e seja transportada para a atmosfera, precipite através da chuva, neblina e neve, sendo que uma parcela escoar pela superfície do solo até os rios, lagos e oceanos e outra infiltra e circula invisível pelo subsolo, alimentando o fluxo dos rios durante o tempo em que as chuvas, sobretudo, são praticamente nulas. Assim, os rios representam o sistema de drenagem da água doce para o mar, enquanto os aquíferos representam os

sistemas de armazenamento de água doce no continente, que se acumularam ao longo de milhares de anos e que se encontram em condições naturais, equilibradas por um mecanismo de recarga e descarga (BONGANHA, 2005).

No ciclo hidrológico, a água se movimenta do oceano para a atmosfera, em seguida, para os continentes retornando, assim, tanto superficialmente quanto subterraneamente para o oceano (Figura 02).

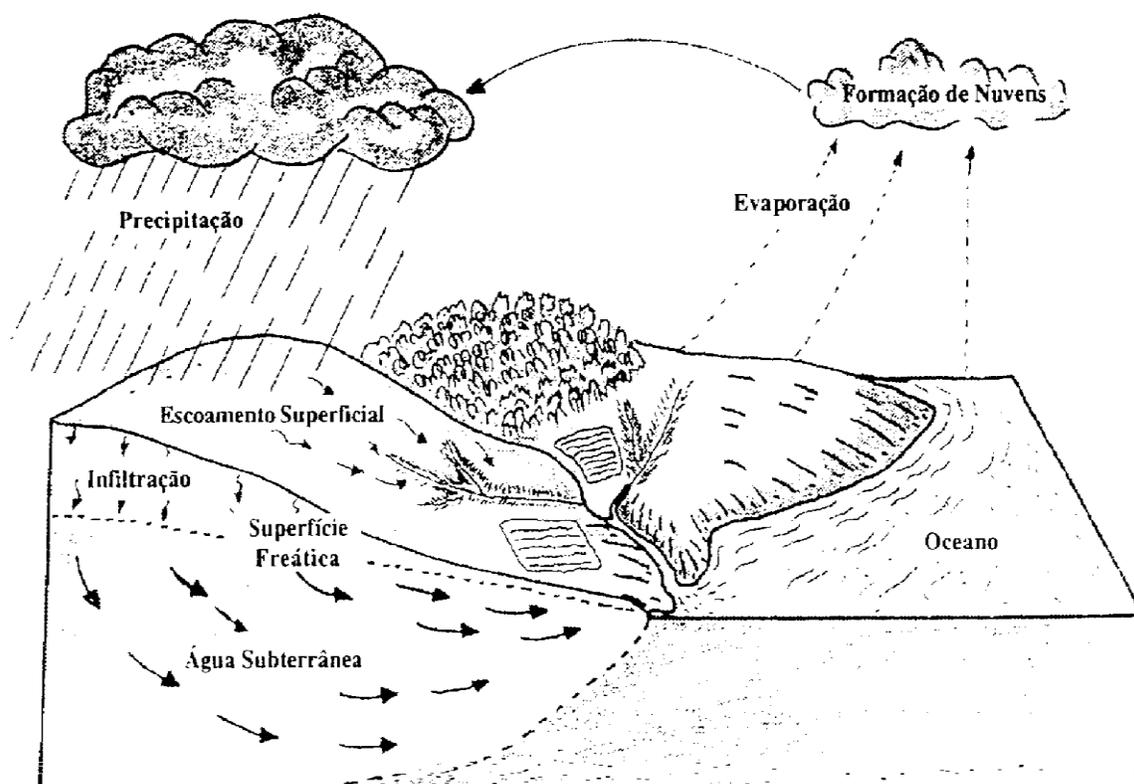


Figura 02 - Esquema simplificado mostrando as principais fases do ciclo hidrológico
Fonte: (REVISTA UNIARA – nº 7, 2000, p.138)

Os poros ou fraturas do subsolo são preenchidos pela água que se infiltra devido ao seu movimento descendente estimulado pela ação da gravidade, armazenando-se ao se deparar com barreiras menos impermeáveis, a qual é denominada de Zona Saturada. Nos terrenos com formações de aluvião a água

acumulada é identificada e aproveitada pela comunidade, seja executando poços de grande diâmetro (poço amazonas), ou simplesmente cavando buracos no leito seco dos rios.

A água subterrânea acumulada na zona saturada não fica estagnada. O movimento pode continuar descendente contribuindo para a recarga de aquíferos subjacentes. Nas áreas em que o aquífero está confinado por outra camada geológica, a recarga é dita indireta já que a água deve vencer a barreira imposta pela camada confinante até atingir o aquífero. Como na maioria das vezes o aquífero confinado encontra-se sob pressão, a água tem tendência de fluxo ascendente dificultando mais ainda o movimento descendente. Isto demonstra que as águas armazenadas em aquíferos confinados, quando utilizadas terão sua reposição lenta ou quase nula (BONGANHA, 2005).

Também há o movimento horizontal dessas águas subterrâneas que alcançam o leito dos rios, reservatórios e mares, podendo levar meses ou milhares de anos para isto.

2.2. Importância da Água Subterrânea e sua Disponibilidade Hídrica

De acordo com o volume total de água no planeta (1.360 bilhões de km³), somente 2,75% se refere à água doce com 2,15% estando nas calotas polares e geleiras, restando por volta de 0,6% passíveis de exploração para o consumo humano no subsolo, lagos, rios, pântanos e atmosfera (Tabela 01). Conforme estes valores, a Figura 03 apresenta a disponibilidade da água subterrânea (98,5%) como fonte disponível para o abastecimento de água doce.

Tabela 01 - Distribuição da água no planeta

Tipo	Ocorrência	Volumes (km ³)
Água doce superficial	Rios	1.25000
	Lagos	125.0000
Água doce subterrânea	Umidade do solo	67.00000
	Até 800 metros	4.164.00000
	Abaixo de 800 metros	4.164.00000
Água doce sólida (gelo)	Geleiras e Glaciais	29.200.00000
Água salgada	Oceanos	1.320.000.00000
	Lagos e mares salinos	105.00000
Vapor de água	Atmosfera	12.90000
Total		1.360.000.00000

Fonte: www.meioambiente.pro.br, consultado em 30.06.2004

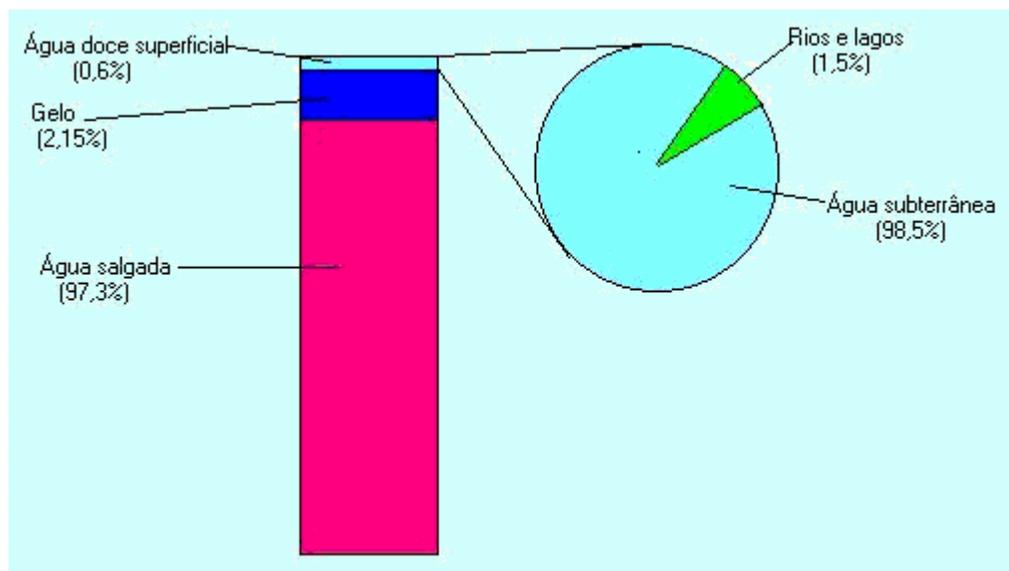


Figura 03 - Distribuição da água na terra

Fonte: www.meioambiente.pro.br, consultado em 30.06.2004

Segundo a Agência Nacional de Águas, o Brasil possui 12% das reservas mundiais de água doce com uma disponibilidade hídrica de 40.732 m³/hab/ano, estando aproximadamente 80% das águas brasileiras na Bacia Amazônica.

Porém esta disponibilidade vem diminuindo devido à crescente contaminação da água por efluentes domésticos, industriais e provenientes da drenagem urbana, ocasionando uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Desta forma, o recurso subterrâneo, tem se tornado uma reserva vital, onde as águas subterrâneas passam a ser uma reserva estratégica para o desenvolvimento de atividades econômicas.

Em relação ao abastecimento urbano, verifica-se que o incentivo à adoção da água subterrânea como fonte, é a redução do custo de produção que pode ser até dez vezes inferior ao de fontes superficiais. A cidade de Ribeirão Preto, SP, é um exemplo claro desta situação: a utilização da água subterrânea para o seu abastecimento, além de garantir a qualidade da água, é um dos municípios que oferece tarifas mais baixas do Estado de São Paulo (Saneamento Ambiental, 1998).

Assim ocorrendo em maiores quantidades, uma vez que, estudos recentes indicam que dos 1360 quatrilhões de toneladas de água do planeta, apenas 0,8% corresponde à água doce, sendo, desta fração, 3% apresentam-se na forma de água superficial e 97% na forma de água subterrânea, as águas subterrâneas possuem um grande potencial de exploração, salientando-se a boa qualidade, na maioria das vezes, para o consumo humano e possibilidade de localização de obras de captação nas proximidades das áreas de consumo.

Em geral, principalmente em pequenas e médias cidades, o abastecimento pode ser atendido por poços, com prazos de execução mais curtos e menores custos. Essas águas subterrâneas podem apresentar uma alternativa qualitativamente mais adequada, pois os mananciais subterrâneos são naturalmente melhor protegidos dos agentes poluidores em relação à poluição de rios e lagos, embora o lençol freático seja vulnerável à contaminação. Porém na despoluição desses mananciais ocorre exatamente o contrário.

Os aquíferos possuem as funções de armazenamento e de transmissão de água. Assim, as formações aquíferas servem como reservatórios e condutores. Os interstícios e poros do meio funcionam como uma rede de pequenos canais além de possibilitarem a acumulação de água.

Dados da Unesco (1992), indicam que, de 1970 a 1995, foram perfurados 300.000.000 poços no mundo, 50% da população mundial é abastecida por poços, e que 90.000.000 ha são irrigados com água subterrânea. Só no Brasil, segundo dados do IBGE, 1991, 61% da população urbana é abastecida com água subterrânea, proveniente 43% de poços tubulares, 12% de fontes e nascentes e 6% de poços amazonas (cacimbas).

2.3. Critérios e Características Construtivas das Barragens Submersas.

As barragens submersas por possuírem um grande papel na obtenção de água própria para o consumo humano e possibilitar o plantio durante períodos de seca representam uma excelente solução para o déficit de água na região do semi-árido nordestino. A construção delas exige tecnologias simples e de fácil execução podendo ser por simples escavação no local até chegar em solo impermeável e que pode ser feito aproveitando a mão-de-obra local, segundo a ASSECOM/RN (2006).

O município de Serra Negra do Norte é um exemplo dos benefícios gerados por estas barragens que antes sofria com a problemática de fortes enxurradas do Rio Espinharas durante a estação chuvosa, na qual se concentra entre os meses de fevereiro a maio, dificultando o acesso ao local, e no período de estiagem enfrentava a escassez de água para o uso doméstico, animal e, sobretudo, nas atividades agrícolas.

Embora seja relativamente simples deve-se ser observados alguns critérios básicos, sob pena de incorrer nos riscos de não utilização pela população, armazenamento de água insuficiente ou ainda salinização. São necessários alguns estudos para definir o melhor local para a construção de uma barragem subterrânea, a partir de aerofotos, mapas plani-altimétricos e procedimentos de campo, incluindo um levantamento da real necessidade e aceitação por parte da comunidade local, além de trabalhos geotécnicos, para evitar lugares inadequados ou ainda locais em que a necessidade não seja absoluta.

Os principais aspectos a serem observados são: seleção da área em linhas de drenagem natural, conhecidas por córregos, de preferência solos aluviais com profundidade de, no máximo, entre 3 a 4 m, a largura do depósito aluvial, trechos de estreitamentos, extensão a montante do local a barrar e relevo. No campo, é importante se observar a espessura e constituição do depósito aluvial (a partir de furos de trado), preferencialmente, textura média a grossa, o local mais estreito do depósito para locar o eixo barrável, a melhor condição de acesso à população, a declividade do leito (no máximo 5%), a distância para a cabeceira do rio, a existência de soleiras rochosas no leito do rio por já implicarem em barramento natural, a existência de obras de barramento superficial.

Outro enfoque imprescindível diz respeito à qualidade da água do rio ou riacho a ser avaliado, principalmente quanto à salinização e vazão média anual, devendo-se sempre eliminar áreas com tendência à salinização e rios/riachos, cuja vazão média possa comprometer a estrutura da barragem.

Segundo BARBOSA et al (2006), após constatada a existência de condições adequadas para a construção da barragem, em que são consideradas a espessura da camada aluvial, a sua composição granulométrica, a inclinação do terreno, a inexistência de soleiras rochosas, a relação morfológica do vale, a distância da área de recarga e a qualidade da água, de um modo geral, procede-se à sua construção, mediante as seguintes etapas:

- a) Escavação da vala – escava-se uma vala transversalmente à direção de escoamento do rio, com largura total do vale e profundidade até encontrar a rocha inalterada. Essa escavação pode ser mecanizada (Figura 04), utilizando-se um trator de esteira ou uma retro-escavadeira, ou ainda realizada manualmente (Figura 05).



Figura 04 – Escavação Mecanizada (Fonte: BARBOSA et al, 2006).



Figura 05 – Escavação Manual (Fonte: BARBOSA et al, 2006).

- b) Impermeabilização – a vala deve ser impermeabilizada com argila compactada ou, de maneira mais simples, rápida e econômica, através de uma lona recobrindo a parede da vala que fica oposta ao sentido de procedência do escoamento superficial (Figura 06).



Figura 06 – Impermeabilização (Fonte: BARBOSA et al, 2006).

- c) Construção de poço amazonas – na parte mais profunda da vala, deve ser construído um poço amazonas para captação de água. Um modo rápido de execução consiste na justaposição de anéis semiporosos pré-fabricados, de 1,00 a 1,20 m de diâmetro por 0,50 m de altura. Os anéis são colocados justapostos até alcançarem a superfície, ficando o último totalmente acima do nível do terreno. Antes de colocar o primeiro anel, deve-se colocar uma camada de brita, para proporcionar maior permeabilidade do meio, bem como impedir a entrada de areia no poço. Nos maiores barramentos, é interessante colocar também tubos semi-horizontais, na parte mais profunda da vala, com a parte superior do tubo devidamente ranhurada, que servem de drenos para o poço amazonas, aumentando consideravelmente a entrada de água no mesmo (Figura 07).



Figura 07 – Poço Amazonas (Fonte: BARBOSA et al, 2006).

- d) Enrocamento – como as chuvas no Nordeste brasileiro são, na maioria das vezes, de regime torrencial, com escoamento muito rápido e curto período de duração, o processo de infiltração e recarga dos aluviões pode até nem ocorrer, não havendo, então, acumulação em determinados eventos de chuva. Assim, embora não seja imprescindível, é aconselhável a construção de um enrocamento de pequena altura (cerca de 0,50 m) sobre a barragem, a jusante do poço amazonas, a fim de proporcionar maior infiltração da água que fica retida por alguns dias na superfície, favorecendo a sua infiltração no sub-solo (Figura 08).



Figura 08 – Enrocamento (Fonte: BARBOSA et al, 2006).

e) Enchimento da vala – concluídas as operações de enlonamento da parede da vala e de construção do poço amazonas, procede-se o enchimento da vala, utilizando o mesmo material dela retirado (Figura 09).



Figura 09 – Enchimento da Vala (Fonte: BARBOSA et al, 2006).

f) Piezômetros – é aconselhável também a implantação de piezômetros, a montante da barragem, com o propósito de melhor monitorar o rebaixamento do nível de água com o tempo.

No trabalho desenvolvido por CIRILO (1999) são discutidas as potencialidades deste tipo de reservação hídrica, no estado de Pernambuco, a figura 10 mostra o esquema de uma barragem subterrânea.

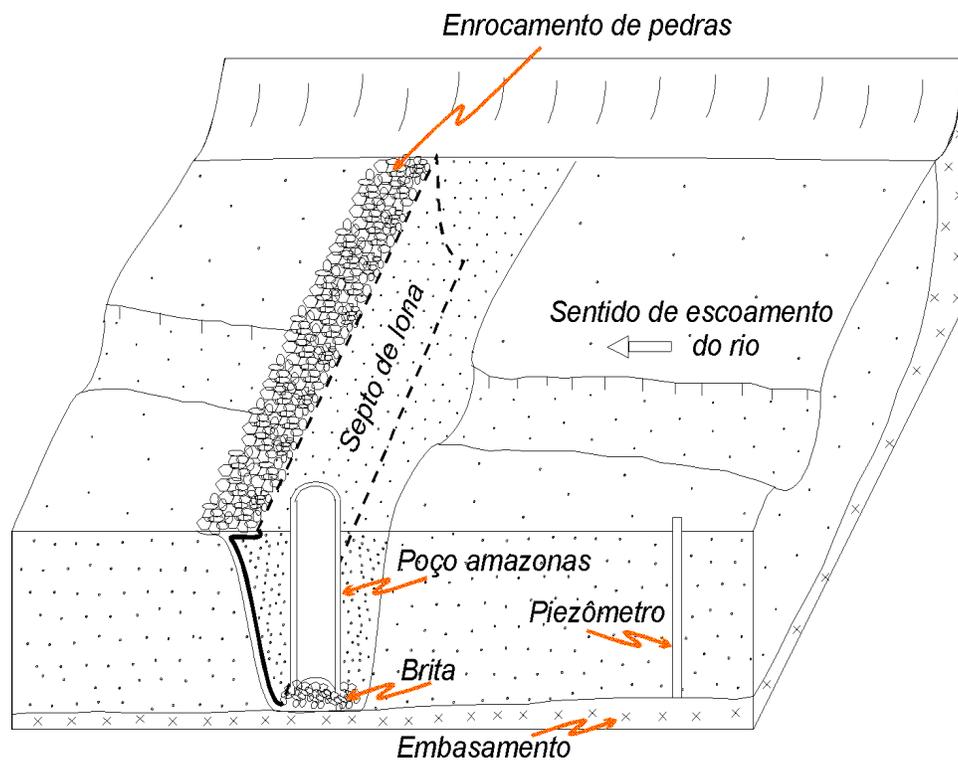


Figura 10 – Esquema de uma Barragem Subterrânea (Fonte: CIRILO, 1999).

O impacto dessas barragens submersas são extremamente positivos, uma vez que, permite uma melhoria na qualidade da água, permanência desta durante todo o ano e a diversificação da atividade agrícola, especialmente para frutas.

2.3. Qualidade da Água das Barragens Submersas e Parâmetros Hidrológicos.

A implantação das barragens subterrâneas sucessivas constitui uma medida mitigadora desses problemas. Esse tipo de obra se caracteriza por um barramento artificial do fluxo de água subterrânea, construído comumente encaixado no leito de riachos, com o fim de manter elevado o nível freático, aumentar o armazenamento de água e estabelecer condições favoráveis de captação a montante. Tais características evitam que os recursos hídricos do aquífero aluvial continuem a escoar até que se esgotem com o fim do período de chuvas, fato comumente verificado nas regiões semi-áridas.

Em um estudo desenvolvido pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró em 2003 foi detectado um problema ambiental na área das barragens, visto que cidades a montante de Serra Negra do Norte estão jogando dejetos no Rio Espinharas, podendo estar contribuindo para inviabilizar o uso da água para irrigação de hortaliças, afetando, inclusive, sua balneabilidade, sendo sugerido, portanto, o seu monitoramento, a fim de não agravar o problema futuramente.

Essas barragens submersas são altamente eficientes, mas podem sofrer a ação do transporte de sedimentos e, conseqüentemente, a introdução de nutrientes que em excesso podem causar o processo de eutrofização, sem relatar no risco da salinização em função do tipo de solo sendo, desta forma, imprescindível avaliar o impacto dessa obra na qualidade d'água, além de observar os parâmetros hidrológicos onde elas foram implantadas avaliando as modificações introduzidas no regime hídrico tanto qualitativo como quantitativo.

O risco da agricultura dependente de chuva, e a falta de água para o consumo humano e para pequenas criações constituem a principal causa da baixa qualidade de vida do meio rural, principalmente nas zonas áridas e semi-áridas, que correspondem a 55% das terras em todo o Mundo e a 13% do território nacional brasileiro (Silva et al., 1993). No Brasil, esses efeitos são mais intensos no meio rural da região Nordeste, onde a produção e a produtividade agrícola são limitadas pela irregularidade na distribuição espaço-temporal da chuva,

considerada mais grave do que sua escassez propriamente dita (Silva & Rego Neto, 1992).

Na legislação, a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, além de dar outras providências.

A fim da otimização do uso dessas barragens muitos trabalhos tem avaliado e monitorado, para que sejam corrigidas as falhas e as deficiências construtivas. Segundo COSTA (2000), foi observado no trabalho da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) nas 50 barragens selecionadas que um dos fatores causadores de salinização é a evaporação da umidade na camada mais próxima à superfície, que deixa sais acumulados, permitindo que os mesmos sejam carreados para os corpos d'água e provocando a esterilidade dos solos.

Concluindo-se que, com base nos resultados, as causas do aparente insucesso das barragens subterrâneas podem ser divididas em dois grupos: erros de locação e erros de construção, mas que a eficácia das barragens já está plenamente comprovada nos locais, onde o processo se desenvolveu corretamente, gerando austeridade e desenvolvimento a região onde são implantadas.

No caso da análise da qualidade da água, o Projeto de pesquisa da UFPE vem realizando, nos últimos 4 (quatro) anos, medições sistemáticas, tendo sido avaliados, dentre outros parâmetros, a condutividade elétrica, o potencial hidrogeniônico (pH), o sódio, o cálcio, o magnésio, o potássio, cloretos, sulfatos e Relação de Adsorção de Sódio (RAS).

Na qualidade físico-química é importante destacar que a mesma varia muito, principalmente quando se compara o período seco e chuvoso, sendo pior no fim do período de estiagem. No período após o inverno, em virtude da renovação das águas decorrente da recarga, a salinidade atinge os níveis mínimos, o que indica melhores condições qualitativas para a irrigação.

Análises realizadas determinaram valores de nitrato (NO_3), em geral, dentro do permitido, enquanto que os valores das amostras de nitrito (NO_2)

apresentaram-se acima do valor recomendado. Já as análises microbiológicas indicam um elevado grau de contaminação por bactérias do grupo coliformes, o que compromete a qualidade da água para abastecimento, exigindo a sua eliminação. Tal fato, deve-se, principalmente, à circulação de animais na região das barragens.

A fim do controle do risco de salinização, alguns procedimentos básicos são recomendados nas regiões onde esse risco existe potencialmente, em função do tipo de solo. Uma prática adequada é manter o nível da água no solo abaixo da superfície, fora da região mais afeta diretamente à evaporação da umidade do solo e, conseqüentemente, da maior concentração de sais. Uma técnica eficaz, tanto para controle da salinização quanto para recuperação de solos salinizados, é o plantio de variedades de atríplex – planta que, segundo estudos realizados pela EMBRAPA Semi-Árido e Universidade Federal Rural de Pernambuco, é capaz de extrair do solo cerca de 8 ton de sais por hectare/ano, se adequadamente implantada.

No trabalho intitulado de “Barragem Subterrânea: uma Alternativa de Captação e Barramento de Água da Chuva no Semi-Árido” ficou evidente que a barragem subterrânea é uma alternativa de captação e armazenamento de água da chuva, em aluviões ou riachos, no semi-árido, visando o cultivo agrícola, produção de frutíferas e para assegurar o abastecimento d’água para os animais e, em determinadas circunstâncias o consumo humano, através da escavação de poços amazonas ou tubulares (CAMPOS et al, 2001).

Este teve como finalidade relatar o processo de construção de uma barragem subterrânea e analisar, a partir de um breve estudo de caso, duas experiências de barragens subterrâneas implantadas pelo Centro de Educação Popular e Formação Sindical – CEPFS, nos municípios de Teixeira e Maturéia na Paraíba, através do Projeto de Capacitação para o Desenvolvimento Local, em duas comunidades rurais no município de Teixeira.

Outra pesquisa também desenvolvida sobre esse assunto foi “A experiência na implantação de barragens semi-submersas em Serra Negra do Norte/RN” (BARBOSA et al, 2006). O trabalho apresenta a experiência bem sucedida do

município de Serra Negra do Norte, localizado no Seridó do Rio Grande do Norte, na construção de dez barragens semi-submersas sucessivas, contribuindo para o desenvolvimento da economia local, melhoria da qualidade ambiental de forma sustentável, e melhoria da qualidade de vida dos agricultores, pois deu suporte a sua fixação no campo com a presença de água durante todo o ano.

MOURA et al (2006) realiza um estudo, cujo tema é “Avaliação da Qualidade da Água de Irrigação em Reservatórios do Seridó do RN”, onde analisou a qualidade da água de irrigação em alguns açudes do Seridó verificando o risco de salinização e sodicidade, concluindo que estes, em geral, encontrava-se com problemas, ou de salinidade, ou sodicidade, ou ambos.

CIRILO (2003) verificou as causas de sucesso e insucesso, quais os cuidados a serem tomados e as perspectivas para adoção das barragens submersas em larga escala.

SILVA & REGO NETO (1992) também obtiveram resultados positivos, em trabalhos semelhantes, nos anos de 1986, 1987 e 1988, em duas barragens submersíveis, uma em Santana de Matos e a outra em Lajes, ambas no Rio Grande do Norte, com produtividades médias do caupi (solteiro) e batata-doce. As barragens submersíveis são construídas em leito de rios temporários, com pedra e argamassa, cuja parede, erguida sobre a camada impermeável, vai até o nível da superfície do solo; é semelhante à barragem subterrânea.

Nas pequenas e médias propriedades, as áreas potencialmente agricultáveis são os baixios, e nestes, geralmente, são construídos os reservatórios de águas superficiais, cobrindo totalmente a área explorável. A implantação da barragem subterrânea elimina essa limitação, pois a área de armazenamento de água é a mesma de plantio, ou seja, de exploração agrícola.

2.4. Qualidade da Água

A qualidade da água é definida como o resultado do conjunto de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas, cujo padrão deve estar relacionado com o seu uso para um fim específico (ABNT/NBR 9896/1993).

A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA E MANUEL FILHO, 2000).

Os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero, tais como: composição química da precipitação, reações biológicas e químicas ocorrentes na superfície da terra e na zona do solo e composição mineral dos aquíferos e camadas confinantes através das quais a água percorre. A princípio, a água subterrânea tende a aumentar concentrações de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos. No entanto muitos outros fatores interferem, tais como clima, composição da água de recarga, tempo de contato entre a água e o meio físico e outros, além da contaminação causada pelo homem (Figura 11).

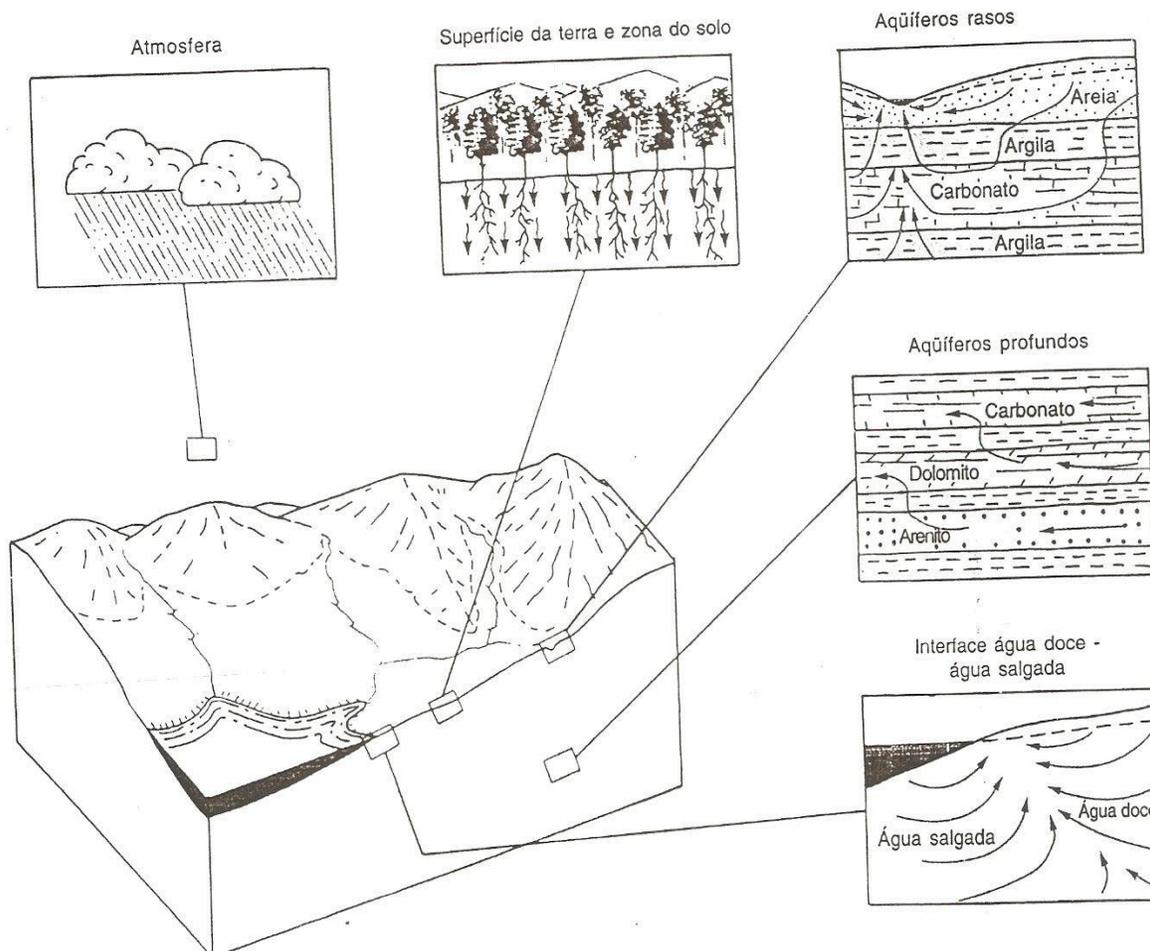


Figura 11 – Características que Influenciam a Qualidade da Água Subterrânea (Fonte: HEALTH, 1983).

Há estudos, os quais comprovam que a variabilidade da qualidade das águas é muito complexa e apresenta flutuações que podem estar associadas a fatores e processos hidrológicos, geomorfológicos e a ação antropogênica na bacia. Medir e isolar a contribuição específica de cada fator torna-se extremamente difícil, porém pode-se observar a predominância de alguns em relação a outros. É importante salientar que para uma melhor compreensão do processo de avaliação da qualidade da água, faz-se necessário conhecer a dinâmica da atuação de cada um dos fatores: clima, litologia da região, da

vegetação circuncidante, do ecossistema aquático e da influência do homem e a interação estabelecida pela ação conjunta entre essas combinações.

Considerada como solvente universal, a água tem muita facilidade de reagir com substâncias orgânicas ou inorgânicas. Devido ao maior contato com o solo ou rocha, menor velocidade de escoamento, maiores pressões e temperaturas as quais estão submetidas, e maior facilidade de dissolver gás carbônico ao percolar, as águas subterrâneas possui concentrações de sais maiores que as águas superficiais.

As propriedades físicas, químicas e microbiológicas da água são traduzidas em termos de parâmetros que permitem classificá-la quanto à sua qualidade e apontar a presença e a concentração de substâncias tóxicas, sendo possível sua comparação com padrões e valores orientadores estabelecidos conforme o uso.

Quando a contaminação acontece, a remoção é muito mais difícil de se fazer do que no caso das águas de superfície, podendo em alguns casos tornar-se irreversível. Isto ocorre em consequência do lento movimento da água subterrânea, sobretudo em camadas de materiais finos, como argilas e siltes (FEITOSA E MANUEL FILHO, 2000).

2.5. Variáveis da Qualidade da Água

O grau de poluição e contaminação da água podem ser medidos pelas características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, sendo possível identificá-las por parâmetros de qualidade das águas físico-químicos e biológicos (VON SPERLING, 1996).

O art. 2 da Resolução CONAMA 357 conceitua como padrão o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água. Esse estipula substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água, como parâmetros de qualidade da água.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

a) Temperatura da água

A temperatura interfere em diversos processos, como por exemplo, a cinética das reações, as características da água (viscosidade, tensão superficial, solubilidade dos gases e entre outros) e nos mecanismos dos organismos aquáticos. Esta pode ser alterada por diversos processos como: a variação climática e a incorporação de elementos externos com temperaturas diferentes do seu estado inicial.

A variação de temperatura também interfere na fisiologia dos organismos aquáticos, uma vez que, o aumento na temperatura da água pode influenciar na respiração destes organismos, em razão da diminuição da oferta de oxigênio dissolvido por causa da diminuição da solubilidade deste no meio aquático e aceleração do metabolismo, o qual aumenta o consumo de oxigênio. Outro efeito a considerar na elevação da temperatura é o incremento da toxidez devido ao aumento da dissolução de compostos tóxicos no meio.

b) Potencial hidrogênioônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da concentração de íons de hidrogênio definido como o negativo do logaritmo da base 10 da concentração molar do íon hidrogênio H^+ contido na água, medindo numa escala de 0 a 14. Água com pH igual a 7 é neutra, valores inferiores expressa a condição ácida (H^+) e superiores, a condição alcalina (OH^-) de uma solução.

O pH está intimamente correlacionado com muitas reações químicas no meio aquático, interfere diretamente na fisiologia de diversas espécies e contribui para a precipitação de elementos químicos tóxicos e na solubilidade de nutrientes. Baixos valores de pH indicam uma água corrosiva que tenderá a dissolver metais e outras substâncias que entrar em contato. Já altos valores indicam uma água alcalina a qual sob aquecimento tenderá a formar depósitos.

De acordo com ESTEVES (1988), o pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Em geral, nas águas naturais o pH é alterado pelas concentrações de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina.

c) Condutividade elétrica ou condutância específica

A condutividade mede a capacidade de condução de corrente elétrica na água fornecendo assim a concentração total de eletrólitos. Esta depende da composição de águas (concentrações iônicas e os tipos dos sais existentes) e da temperatura. A condutância elétrica específica indica a quantidade de material dissolvido em água, ou seja, quanto maior for a condutância, mais mineralizada será a água.

A condutividade elétrica é de grande importância, visto que pode fornecer informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como da produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores), como sobre outros fenômenos que ocorram na sua bacia de drenagem (ESTEVES, 1988).

A hidrogeologia e o regime de chuvas são fatores que podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água. A condutividade detecta ainda as fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes.

d) Sólidos totais dissolvidos

Por convenção as partículas de menores dimensões capazes de passar por um filtro de tamanho especificado correspondem aos sólidos dissolvidos, enquanto de maiores dimensões, retidas pelo filtro são considerados sólidos em suspensão.

Numa faixa intermediária situam-se os sólidos coloidais de difícil identificação pelos métodos simplificados de filtração em papel. De maneira geral, são considerados como sólidos dissolvidos aqueles com diâmetro inferior a 10^{-3} μm , como sólidos coloidais aqueles com diâmetro entre 10^{-3} e 10^0 μm e sólidos em suspensão aqueles com diâmetro superior a 10^0 μm (VON SPERLING, 1996).

Nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida, consistindo principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos.

e) Cor aparente

A cor da água corresponde ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção, reflexão e dispersão de parte da luz incidente), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico (ácidos húmico, fúlvico e tanino, originados da decomposição dos vegetais, bem como também de origem antropogênica, proveniente de resíduos industriais como tinturarias, tecelagem, produção de papel e de esgotos domésticos) e inorgânico (ferro e manganês). A cor aparente depende da quantidade e da natureza do material presente. Contudo, de acordo com VON SPERLING (1996), esta fonte não representa risco algum para a saúde.

f) Turbidez

A turbidez é uma característica física da água a qual mede o grau de redução de intensidade de luz (absorção ou espalhamento) que esta sofre ao atravessar a água. A partir da comparação com uma solução padrão são decorrentes, em maior grau, pela presença de sólidos suspensos (areia, silte, argila, detritos orgânicos, bactérias e algas, plâncton em geral, etc), e em menor proporção, pelos os pelos compostos dissolvidos e os no estado coloidal. A presença desses poluentes resulta na dispersão de luz, reduzindo a claridade diminui, conseqüentemente, a transmissão da luz no meio.

A turbidez pode ser expressa em termos de coeficiente de dispersão ou alguma unidade empírica, como a turbidez nefelométrica. Esta medida é expressa em diferentes unidades, sendo as mais freqüentes: NTU (Nephelometric Turbidity Units) e unidades de turbidez de Jakson.

A presença de partículas sólidas em suspensão (silte, argila, sílica e colóides), matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas que causam a turbidez, ou de substâncias em solução, relativas à cor, pode concorrer para o agravamento da poluição.

A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio (BRANCO,1983), interferindo diretamente nas comunidades biológicas aquáticas.

g) Dureza total

A Dureza da água é a capacidade de consumo do sabão ou da água neutralizar cátions solúveis que reagem com o sabão não formando espuma, devido à presença de cátions insolúveis, principalmente, o cálcio e o magnésio, além de outros como alumínio, zinco, ferro, manganês, hidrogênio, estrôncio, associados a ânions como sulfatos, carbonatos e prioritariamente os bicarbonatos, além de outros como boratos, silicatos e fosfatos.

São quatro os principais compostos que conferem dureza às águas: bicarbonato de cálcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, bicarbonato de magnésio $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, sulfato de cálcio CaSO_4 e sulfato de magnésio MgSO_4 . É geralmente medida em unidade equivalente de mg/l de CaCO_3 .

h) Alcalinidade

A alcalinidade é a capacidade quantitativa que a amostra de água possui de neutralizar ácidos, devido à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio e outros) e, em pequena representatividade, boratos, silicatos e fosfatos

ou ácidos orgânicos, como sais de ácido húmico, ácido acético etc. É expressa em miligramas por litro de carbonato de cálcio equivalente. A alcalinidade pode-se chamar de dureza de carbonatos. Segundo Esteves (1988) a alcalinidade também reflete, em última instância, a capacidade de um ecossistema aquático em neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados.

A alcalinidade é a diferença entre a soma dos cátions das bases fortes e a soma dos ânions dos ácidos fortes. A alcalinidade também pode ser calculada a partir da equação:

$$\text{Alc} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + 2[\text{Ca}^{2+}] + 2[\text{Mg}^{2+}] - [\text{NO}_3^-] - [\text{Cl}^-] - 2[\text{SO}_4^{2-}]$$

Os bicarbonatos e, em menor extensão, os carbonatos, que são menos solúveis, dissolvem-se na água devido à sua passagem pelo solo. A alcalinidade da água não apresenta implicações para a saúde pública, sendo apenas considerada desagradável ao paladar.

Águas que apresentam pH acima de 4,3 e abaixo de 8,3 o elemento tamponante são os bicarbonatos (HCO_3^-) e quando pobres em carbonato e enriquecidos por CO_2 agressivo, chegam a possuir pH inferior a 6,0 (ABES, 1979 apud QUEGE & SIQUEIRA).

i) Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Quando ocorre a presença das formas reduzidas, como o nitrogênio amoniacal significa lançamento recente de efluentes. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos são remotas.

O nitrogênio amoniacal se apresenta em duas formas dissolvidas: o amoníaco ou amônia não-ionizada (NH_3) e o íon amoníaco (NH_4^+), cujas proporções dependem do pH, da temperatura e da salinidade presentes no ambiente. Como o nitrogênio na forma de amônia não ionizada é mais tóxica, as concentrações (NH_4^+) podem se elevar sem que sua toxicidade seja crítica, se o pH e a temperatura se mantenha dentro de certos limites.

A amônia é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa. Em baixas concentrações não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e aos animais. No entanto, a amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L.

As principais fontes de nitrogênio amoniacal, nas formas de amônia (NH_3) ou do íon amônio (NH_4^+) são os esgotos sanitários devido a hidrólise da uréia, a decomposição dos compostos orgânicos nitrogenados, principalmente das proteínas das plantas e animais e escoamento das águas pelos solos fertilizados nas áreas agrícolas e nas áreas urbanas associadas às deficiências do sistema de limpeza pública.

O processo inverso, ou seja, a redução biológica é possível, mas o caminho preferencial é a redução de nitrato a nitrito e posteriormente a nitrogênio gasoso (N_2). Este processo se denomina desnitrificação e ocorre em meio anóxico, isto é, na ausência de oxigênio livre, em lodos de fundo de rios e lagos e de unidades de separação de sólidos (decantadores) de estações de tratamento de esgotos.

j) Nitrito

O nitrito, uma das formas químicas do nitrogênio, é normalmente encontrado em pequenas quantidades nas águas superficiais. Tal substância é instável na presença do oxigênio, ocorrendo, assim, de uma forma intermediária. A presença desse ânion em água indica a existência de processos biológicos ativos, influenciados por poluição orgânica (OLIVEIRA, 2004).

Nas águas, o processo de oxidação biológica sofrida pela amônia, que é convertida em condições aeróbicas a nitrito (NO_2^-) por um grupo de bactérias nitrificadoras chamada Nitrosomonas.

k) Nitrato

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul).

O nitrato (NO_3^-) é o resultado da conversão do nitrito por um grupo conhecido por Nitrobacter, chama-se nitrificação. A nitrificação é um processo que ocorre apenas em meio aeróbio.

l) Sulfato

O sulfato (SO_4^{2-}) é um dos mais abundantes íons na natureza, são resultantes da dissolução de solos e rochas, como o sulfato de cálcio (CaSO_4) e o sulfato de magnésio (MgSO_4), das fontes de agricultura, pelo uso de adubos contendo enxofre e por efluentes industriais, como celulose e papel, químicas e etc. O Sulfato são sais moderadamente solúveis a muito solúveis. Em determinadas concentrações, a água fica com um gosto amargo e, a maiores concentrações, apresenta efeito laxativo.

m) Bicarbonato

Bicarbonatos são sais que contém o anion HCO_3^- , sendo, quimicamente, resultado de uma reação de salificação parcial. Eles se encontram em equilíbrio com carbonatos, água e CO_2 . Este equilíbrio intervém em muitos processos naturais e artificiais.

Assim, por se tratar de sais derivados de um ácido fraco, os bicarbonatos tem caráter básico. Eles controlam a capacidade da água neutralizar ácidos fortes. Em água hidrolisam produzindo uma base mais forte.

n) Cloreto

Cloro (conservativo) apresenta importância ecológica por sua influência sobre pressão osmótica e equilíbrio iônico, resultando na classificação de organismos aquáticos em função da tolerância a diferentes salinidades.

O Cloreto (Cl^-) é uma espécie conservativa, pouco absorvida pelas plantas e sua concentração na solução do solo é principalmente afetada pela diluição e evapotranspiração.

Além dos seus efeitos laxativos, em grandes quantidades aumenta a corrosividade da água e, em combinação com o sódio, dá a água um sabor salgado. É em geral muito solúvel e muito estável em solução, logo, dificilmente precipita. Não oxida e nem se reduz em águas naturais. É proveniente da lixiviação de minerais ferromagnesianos de rochas ígneas e de rochas evaporíticas tal como o sal gema. As rochas ígneas são pobres em cloreto.

Os cloretos podem estar presentes naturalmente na água ou podem ser consequência da poluição por esgotos sanitários (pela excreção de cloreto pela urina) ou efluentes industriais (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

METAIS PESADOS

São elementos químicos que apresentam número atômico superior a 22. Também podem ser definidos por sua singular propriedade de serem precipitados por sulfetos. Normalmente relacionada com a saúde pública, os metais pesados são aqueles que apresentam efeitos adversos à saúde humana. Os metais pesados preocupa devido a bioacumulação destes pela flora e fauna aquática que

acaba atingindo o homem, produzindo efeitos subletais e letais, decorrentes de disfunções metabólicas.

O cobalto, cobre, ferro, manganês e zinco são requeridos pelos organismos vivos, porém em baixa concentração, em níveis excessivos esses metais podem ser prejudiciais. Porém em função da sua toxidez os metais cádmio, cromo, mercúrio, níquel, chumbo e, em menor grau, cobre e zinco, são perigosos.

a) Alumínio

Apresenta baixa toxicidade, o aparelho digestivo absorve pequenas quantidades de alumínio do total ingerido, sendo o excesso evacuado pelas fezes.

O alumínio apresenta-se na crosta terrestre, na atmosfera proveniente da poeira dos solos e partículas originadas da combustão de carvão. Os sedimentos, nos corpos hídricos mostram as concentrações mais elevadas devido à baixa solubilidade do alumínio nas águas dos corpos naturais, precipitando-se ou sendo absorvido como hidróxido ou carbonato. Geralmente correlacionam a presença de alumínio com ocorrência do mal de Alzheimer.

b) Cálcio

Naturalmente, ocorre em diversos minerais de rochas calcárias (calcita, aragonita e dolomita) e para as rochas ígneas (o plagioclásio e a apatita). O cálcio confere a água dureza sob a forma de carbonatos, mas pode incluir vários outros metais e também bicarbonatos e sulfatos. Ele apresenta moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio (CaCO_3).

O cálcio sendo um dos elementos mais abundantes no corpo humano desempenha importantes processos intracelulares, coagulação do sangue, participa na contração dos músculos, em diversas funções enzimáticas e manutenção de ossos e dentes.

c) Ferro

O ferro não é um elemento tóxico, porém causa problemas para o tratamento da água, influenciando na coagulação e floculação pela diminuição da velocidade de sedimentação, apresentando cor elevada e baixa turbidez. Confere quando em excesso sabor metálico e cor à água, apresentando coloração enferrujada só aparece depois de alguns minutos em contato com o ar, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de incrustações em canalizações e depósito de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição.

O Ferro ocorre, geralmente sob a forma de Fe^{+3} (hidróxido férrico) podendo também ocorrer como Fe^{+2} (hidróxido ferroso), sendo este mais solúvel que o primeiro. Em razão, dessa característica, o estado ferroso é o principal responsável pelos inconvenientes que o ferro traz a água. No estado ferroso é instável na presença do oxigênio do ar, mudando para o estado férrico. Os minerais ferromagnesianos, componentes dos diversos solos lateríticos são os principais minerais portadores de ferro. O carbonato ferroso é solúvel e freqüentemente é encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens.

d) Magnésio

O magnésio é importante para a vida, tanto animal como vegetal. É um elemento químico essencial para o homem. A maior parte do magnésio no organismo é encontrada nos ossos e, seus íons desempenham papéis de importância na atividade de muitas coenzimas e, em reações que dependem da ATP.

O Magnésio apresenta propriedades similares ao cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar. A presença de magnésio se deve à dissolução de calcários dolomíticos, do ataque de silicatos magnesianos e ferromagnesianos. Juntamente com o cálcio é responsável pela dureza e produz gosto salobro nas águas. Ocorre, em geral, sob a forma de bicarbonato.

e) Manganês

O manganês é resultado, naturalmente, da lixiviação de rochas e minerais. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros.

O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel). Em altas concentrações pode causar disfunção do sistema neurológico, gagueira e insônia no homem.

f) Potássio

É encontrado em concentrações baixas nas águas naturais já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura e entra nas águas doces com descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas (CETESB).

O potássio ocorre em pequenas quantidades, devido à sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais. Origina-se da decomposição do ortoclásio e de outros silicatos (micas, argilas, etc.).

É usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Ele é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota

aquática, pois é um elemento nutricional essencial. Concentrações elevadas, da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg/L, podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB).

g) Sódio

Sódio (conservativo) apresenta importância ecológica por sua influência sobre pressão osmótica e equilíbrio iônico, resultando na classificação de organismos aquáticos em função da tolerância a diferentes salinidades.

Todas águas naturais contêm algum sódio já que seus sais são na forma de sais altamente solúveis em água, predominando em algumas devido as suas características como: distribuição ampla nos minerais fontes; baixa estabilidade química dos minerais que o contém e solubilidade elevada e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução. A origem do sódio se deve ao ataque de feldspatos, feldspatóides e outros silicatos, lixiviação de sedimentos de origem marinha e troca de bases com argilas de mesma origem.

Segundo CETESB, ele se encontra na forma iônica (Na^+), e na matéria das plantas e animais, já que é um elemento essencial para os organismos vivos. O aumento dos níveis na superfície da água pode ser de esgotos, efluentes industriais. Nas áreas litorâneas a intrusão de águas marinhas pode também resultar em níveis mais altos.

Concentrações de sódio na superfície natural das águas variam consideravelmente dependendo das condições geológicas do local, descargas de efluentes e uso sazonal de sais em rodovias, sendo este medido onde a água é utilizada para beber ou para agricultura, particularmente na irrigação. Quando elevado o sódio em certos tipos de solo, sua estrutura pode degradar-se pelo restrito movimento da água afetando o crescimento das plantas (CETESB).

Alem disso, se em grandes concentrações pode afetar pessoas com dificuldades cardíacas, hipertensão e outros. Dependendo das concentrações de cálcio e de magnésio também presentes na água, o sódio pode ser nocivo a certos cultivares.

h) Zinco

O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor à água e uma certa opalescência à águas alcalinas. Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. Entretanto, é preciso ressaltar que o zinco em quantidades adequadas é um elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. A deficiência do zinco nos animais pode conduzir ao atraso no crescimento.

Segundo CETESB, o zinco em quantidades adequadas é um elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença.

Largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam: a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas (CETESB). Contudo, pode causar problemas pulmonares, lesão residual a menos que seja dado atendimento imediato, lesão grave se em contato com os olhos.

As maiores emissões de zinco para o solo são os resíduos (escória) e efluentes metalúrgicos, bacias de rejeitos da mineração, cinzas de processos de combustão, e o uso de produtos comerciais, tais como, preservantes de madeira e fertilizantes a base de zinco.

PARÂMETROS BIOLÓGICOS

a) Coliformes termotolerantes

O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB).

De acordo com SANCHEZ (1999), as bactérias do grupo coliforme constituem o indicador de contaminação fecal mais comum, sendo empregadas como parâmetro bacteriológico básico na caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral.

Os coliformes não são patogênicos, contudo, como existe em grandes quantidades nas fezes, a sua presença na água indica que ela recebeu dejetos, podendo, a partir daí, essa razão, os padrões de qualidade da água para consumo humano (potabilidade) exigem a ausência total de coliformes fecais nas amostras de água destinada ao abastecimento da população (MOTA, 1997).

Segundo CETESB, essas bactérias coliformes termotolerantes se reproduzem ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", pois as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

Essa determinação da concentração desses coliformes implica na possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

AGROTÓXICOS

a) Pesticidas

Com a modernização no campo da agricultura, cada vez mais se fez uso de metodologias de irrigação, mecanização, aplicação de fertilizantes e utilização de agrotóxicos destinados a combater pragas, doenças e ervas daninhas. O impacto dessas atividades agrícolas modernas sobre a qualidade da água tornou-se conhecido gerando a necessidade de acompanhar seus efeitos sobre esta.

Segundo SOMASUNDARA & COATS (1991), na avaliação da contaminação das águas superficiais, subsuperficiais e subterrâneas por fontes difusas, estão envolvidas as propriedades dos agentes químicos e as variáveis ambientais, como tipos de solo, declividade e clima. A contaminação por este fator pode ocorrer diretamente pela deriva das pulverizações aéreas, pela lixiviação através da água no solo, através da erosão dos solos e pelo descarte e lavagem de tanques e embalagens.

As características do solo interferem de maneira direta e indireta no comportamento dos pesticidas no solo. A quantidade de matéria orgânica, a textura e a estrutura, que resultam na porosidade de um solo, são fatores de extrema importância na determinação do comportamento dos agentes contaminantes no ambiente. Grande parte dos pesticidas são sorvidos pela matéria orgânica, impedindo que estes alcancem o lençol freático via percolação. A textura e a porosidade são determinantes na capacidade do solo em reter ou não a solução do solo (KHAN, 1980).

A proteção e conservação da qualidade das águas subterrâneas são partes essenciais de sistemas de produção agrícola sustentáveis. Em alguns casos, menos de 0,1 % da quantidade de pesticidas aplicados alcançam o alvo, enquanto o restante (99,9%) tem potencial para se mover para outros compartimentos ambientais como as águas superficiais e subterrâneas (YOUNOS, citado por SABIK, JEANNOT e RONDEAU, 2000). Portanto, a contaminação da água subterrânea por pesticidas pode ocorrer pela percolação da água no solo e

através das fraturas dos solos e rochas (FILIZOLA et al., 2002; BRIGANTE et al., 2002).

Infelizmente há uma carência muito grande de informações sobre seus efeitos tanto para a saúde do homem quanto para os sistemas aquáticos. Porém, de acordo com HELFRICH et al. (1996), os peixes e animais aquáticos são expostos mediante ingestão de alimento contaminado, através da pele ao nadar em águas contaminadas e por meio da respiração, absorvendo-os pelas brânquias até atingir equilíbrio, dependendo das condições físico-químicas e da concentração do composto (SEUS, 2002).

No Brasil, a portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, estabelece procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. A portaria nº 20, de 18/06/86, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), também dá providências estabelecendo limites máximos de contaminantes em águas dependendo de seu destino. No entanto, estas legislações não contemplam a maioria dos pesticidas em uso atualmente.

Contudo, ainda há muita controvérsia relacionada aos efeitos tóxicos crônicos dos pesticidas para o ser humano, em especial quando consumidos em baixas doses ao longo de toda uma vida, indicando, portanto, a necessidade de desenvolver mais estudos sobre a presença de resíduos no ambiente e seus efeitos sobre a saúde.

2.6. Indicadores da Qualidade da Água de Irrigação

Segundo AYRES & WESTCOT (1991), a qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais, mas também, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem causar prejuízos ao solo (através do efeito direto na sodificação) e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais.

As condições climáticas, geológicas e estruturais, de acordo com DREVER (1988), influenciam bastante na salinidade das águas. Relatando também outros fatores muitas vezes determinantes, como o tipo de relevo, a vegetação e tempo de contato água-rocha, associados às condições hidrológicas locais. Os sais em excesso tanto no solo quanto na água tendem a reduzir a disponibilidade de água para as plantas, a tal ponto que podem ocasionar perdas na produção.

A região de clima semi-árido é caracterizada pela insuficiência de precipitações com extrema irregularidade quanto à sua distribuição temporal, concentradas em uma estação de 3 a 5 meses de duração e uma variação em torno de 30% dos totais pluviométricos anuais, chegando a 50% em pontos mais críticos (IICA, 2002). A precipitação anual média varia de 500 a 700 mm, contrapondo com a evaporação que é de 2000 a 3000 mm/ano. A região semi-árida apresenta chuvas que podem ocorrer em um único dia até 60% da chuva anual, lixiviando a superfície e subsuperfície do solo.

Os terrenos são predominantemente de formação rochosa com baixa permeabilidade, acidentados, proporcionando o carreamento de sedimentos com altos teores de sais para os açudes. Este conjunto de características torna a região do semi-árido bastante susceptível a apresentar reservatórios salinizados (Moura, 2006).

Assim, para a classificação da água utilizada na irrigação se utiliza o método proposto pelo United Salinity Laboratory (USSL), sendo este bastante aceito atualmente. Seu primeiro critério é a estimativa do risco de salinidade e sodicidade considerando os seguintes parâmetros:

1. Condutividade elétrica (CE): mede a capacidade da água em conduzir a corrente elétrica, devido à presença de substâncias dissolvidas ionizadas;

2. Determinação da razão de adsorção de sódio: o RAS é uma razão que indica a porcentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvido pelo solo, sendo calculada pelo Nomograma de RICHARDS (1954), podendo ser observado na tabela XX e figura xx e xx. A RAS corrigida (RAS^0) pode ser usada

para prever melhor os problemas de infiltração causados por concentrações relativamente altas de sódio ou baixas de cálcio nas águas para uso na irrigação, utilizando a equação abaixo:

$$RAS^0 = Na / [(Ca^0 + Mg)/2]^{1/2}$$

Onde: Na, Ca⁰ e Mg, representam as concentrações de sódio, cálcio corrigido e magnésio na água de irrigação, respectivamente, em meq/l (meq/l = mg/l: peso equivalente).

3. Porcentagem de sódio trocável (PST): medida importante para a infiltração da água no solo sendo também calculada pelo Nomograma de RICHARDS (1954).

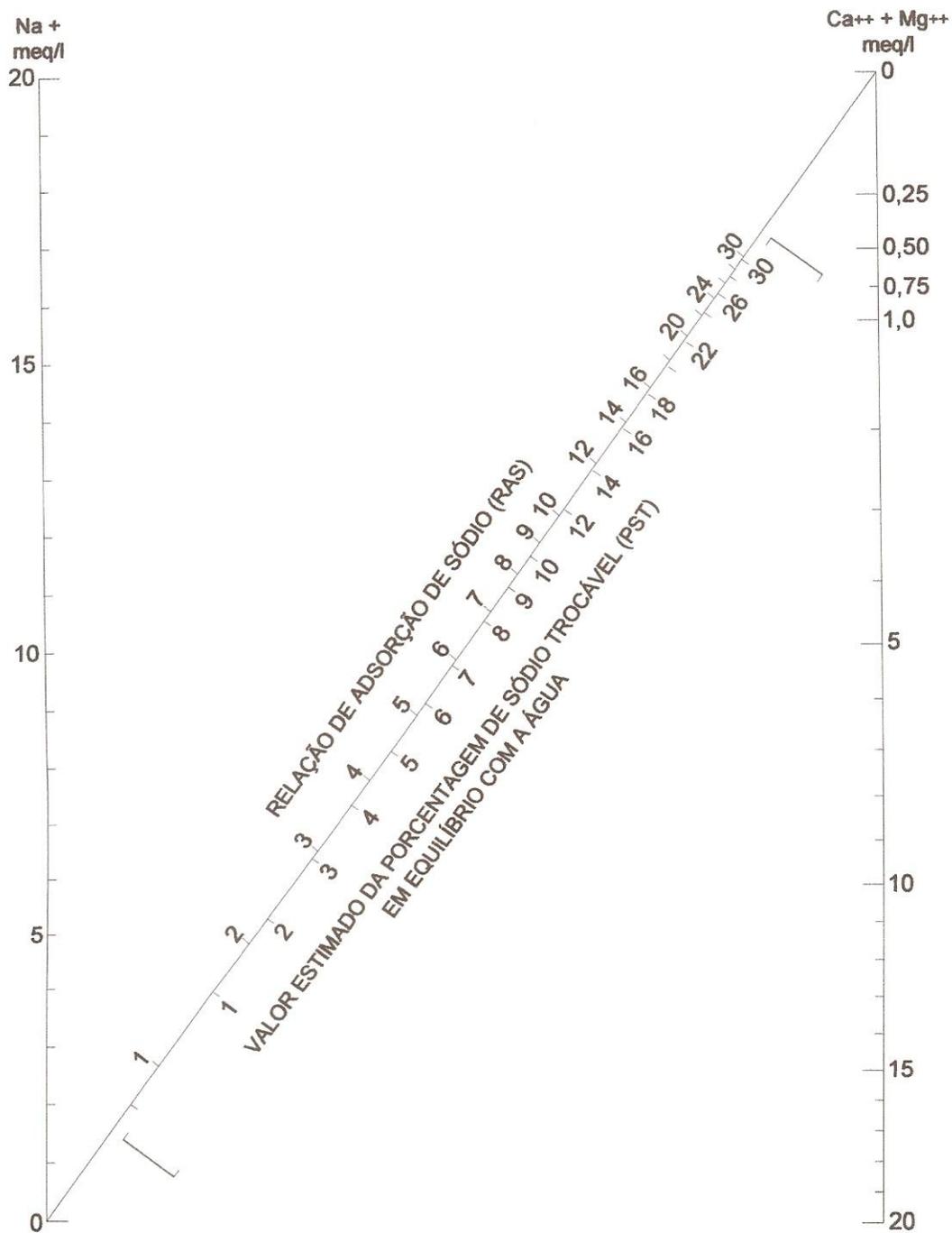


Figura 12 – Nomograma para determinar a RAS das águas de irrigação e para estimar o valor correspondente da PST (Porcentagem de Sódio Trocável) do solo em equilíbrio com a água.

Tabela 02 - Concentração de cálcio (Ca^0) contida na água do solo, próxima à superfície, que resultaria da irrigação com água de determinada reação HCO_3/Ca e $\text{CEa}^{1,2,3}$

		Salinidade da Água Aplicada (CEa) - dS/m											
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
Valor de HCO_3/Ca da água	0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
	0,10	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
	0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
	0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
	0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
	0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
	0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
	0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
	0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
	0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
	0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	3,28
	1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
	1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
	1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
	1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
	2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
	2,25	1,04	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,58
	2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
	3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
	3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07	
4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99	
5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93	
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	
10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	
20,00	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	
30,00	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	

1 Fonte: SUAREZ (1981)

2 Supõe-se a) Cálcio do solo proveniente do calcário (CaCO_3) ou silicatos; b) Não existe precipitação do magnésio; c) Pressão parcial de CO_2 perto da superfície do solo (PCO_2) é 0,0007 atmosferas

3 Ca^0 , HCO_3/Ca expressos em meq/L e a CEa em dS/m

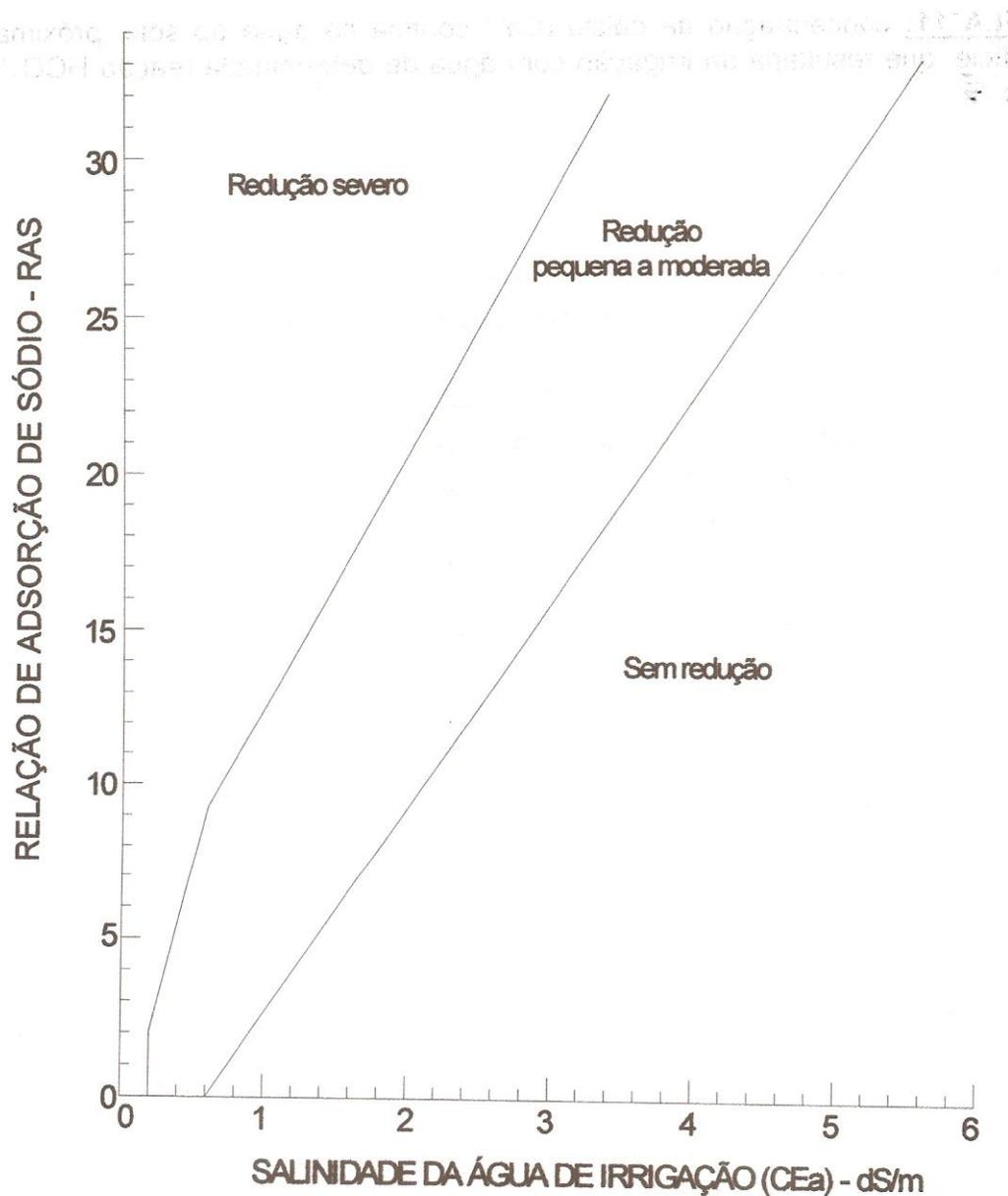


Figura 13 – Redução relativa da infiltração, provocada pela salinidade e a relação de adsorção de sódio (RHOADES, 1977 e OSTER & SCHROER, 1979).

Assim, sua classificação se dará através da comparação dos resultados analíticos obtidos com as determinadas tabelas abaixo (Tabela 03 e Tabela 04) e figura XX.

Tabela 03: Classificação da água de irrigação quanto ao risco de salinidade FRENKEL (1984) e PIZARRO (1985)

Classes de Salinidade	Riscos de Salinidade	Faixas de CEa ($\mu\text{S/cm}$)
C ₁	Baixo	< 750
C ₂	Médio	750-1500
C ₃	Alto	1500-3000
C ₄	Muito Alto	>3000

Tabela 04: Classificação da água de irrigação quanto aos riscos de sodicidade (AYRES & WESTCOT, 1991)

RAS⁰ (mmol)^{1/2}	CLASSES DE SODICIDADE		
	S1 (Sem problemas)	S2 (Problemas Crescentes)	S3 (Problemas Severos)
	Cea ($\mu\text{S/cm}$)		
0-3	>700	700-200	<200
3-6	>1200	1200-300	<300
6-12	>1900	1900-500	<500
12-20	>2900	2900-1300	<1300
20-40	>5000	5000-2900	<2900

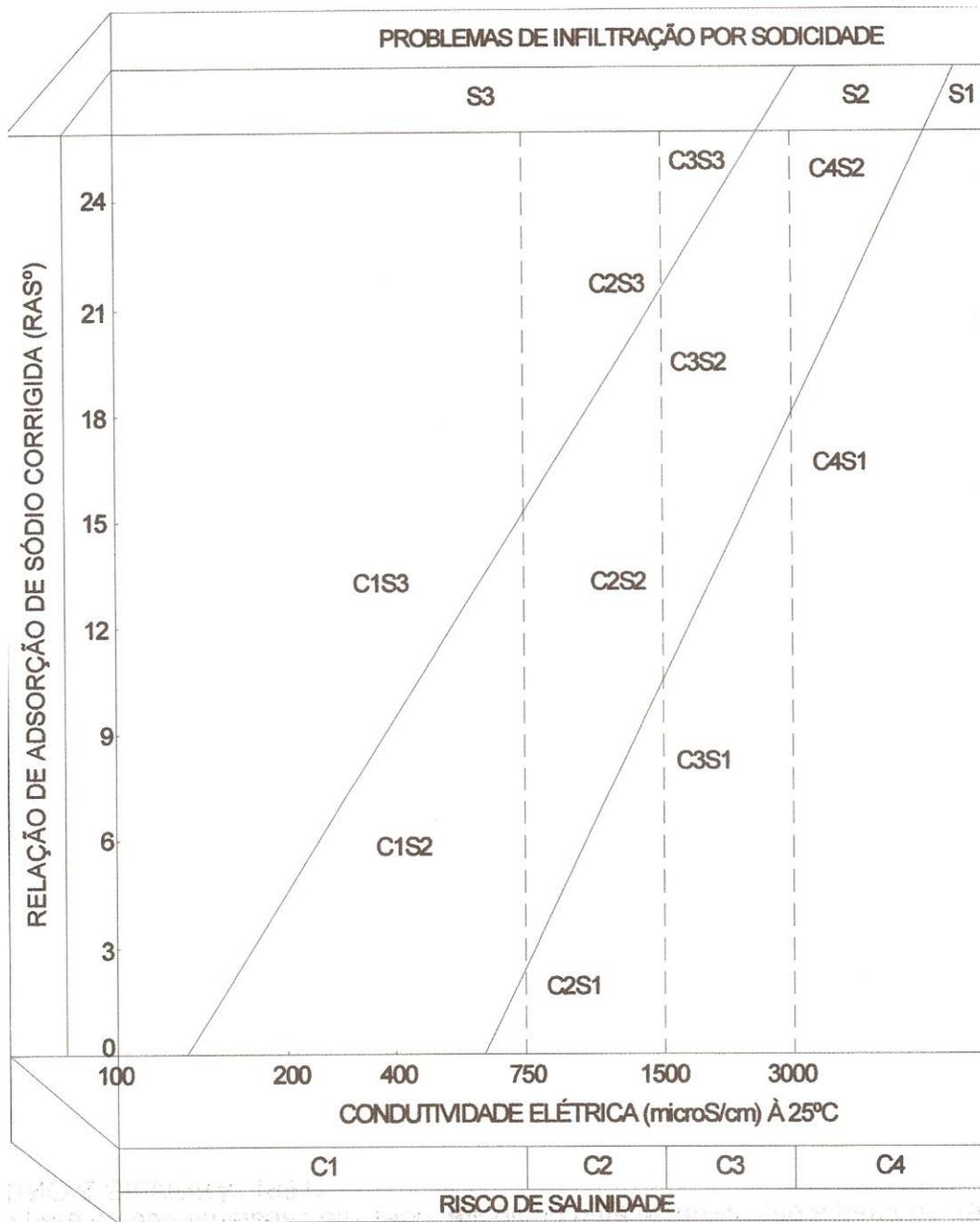


Figura 14 – Diagrama de classificação das águas para a irrigação, conforme GHEYI et. al., (1997).

III. Área de Estudo

3.1. Serra Negra do Norte-RN.

No município de Serra Negra do Norte, localizado na região do Seridó norte-riograndense, foram construídas 10 barragens sucessivas semi-submersas ao longo de 30 quilômetros do rio Espinharas, um dos principais afluentes da margem direita do Rio Piranhas-açu.

Está inserido numa região típica do semi-árido nordestino, onde as precipitações são escassas e mal distribuídas, com índices pluviométricos anuais em torno de 700 mm, chegando a se concentrar em poucos meses, nos quais os agricultores tentam viabilizar uma agricultura de subsistência. Elas são: Curral Queimado, Conceição, Arapuá, Rolinha, Barra de Maniçoba, Torrões, Pitombeira, Boa Vista, São Pedro e Dinamarca. Tendo como finalidade acumular água no solo de pequenas propriedades rurais do município, minimizando, desta maneira, os efeitos ocasionados pelos longos períodos de estiagem, sobretudo na agricultura, considerada a principal atividade econômica da região.

Os pontos de análise do projeto foram 4 pontos, sendo o primeiro ponto localizado na Barragem da Conceição (Figura 15), a qual abastece a zona rural, também chamada de Barragem Comunitária Manoel Candido Sobrinho, com as coordenadas geográficas em UTM: 0681102 latitude, 9270978 longitude e elevação de 169 metros. O segundo ponto (Figura 16) é o Poço do Riacho Fundo as margens da Barragem da Conceição e suas coordenadas são: 0680410 de latitude, 9269024 de longitude e elevação 181 metros. O terceiro ponto (Figura 17) é o Poço Conceição, destinado a agricultura, com coordenadas 0678158 de latitude, 9262274 de longitude e elevação 186 metros. E o quarto ponto (Figura 18) está situado na Barragem da Dinamarca, que atende as necessidades da população da zona urbana e possui as coordenadas 0254807 de latitude, 9356102 de longitude e elevação 197 metros.



Figura 15: Barragem da Conceição (ponto 01).



Figura 16: Poço do Riacho Fundo (ponto 02).



Figura 17: Poço Conceição (ponto 03).



Figura 18: Barragem da Dinamarca (ponto 04).

Segundo BARBOSA (2005), essas barragens beneficiam as atividades produtivas como a criação de peixes, cultivos irrigados de fruteiras, milho, forragens para uso pecuário, hortaliças, inclusive de cultivo orgânico, e feijão, este sendo o mais cultivado. Além disso, elas exercem uma grande função social beneficiando mais de 300 famílias de agricultores, proporcionando a fixação no campo, por disponibilizar água o ano todo.

Antes de serem construídas as barragens sucessivas em 1998, os poços amazonas existentes ao longo do aluvião diminuía muito, chegando a secar nos períodos de estiagens, ocasionando grandes dificuldades, devido a limitação da oferta de água armazenada nas cisternas.

Atualmente, existe água disponível o ano todo e o uso da água das cisternas é apenas para beber. O êxodo rural diminuiu bastante e as barragens proporcionaram a volta de muitas famílias que já haviam abandonado suas terras.

Segundo os dados do governo do Estado, A Experiência do Projeto de Combate à Pobreza Rural (PCPR) no Rio Grande do Norte, Relatório de Implementação realizado em novembro de 2002 comprovam, mais uma vez, a importância econômica e social dessas barragens. Em 1999, ano de seca, no qual apenas três barragens estavam concluídas, isto é, Curral Queimado, Arapuá e Rolinha, verificou-se o cultivo de 39 hectares de feijão, 3 hectares de melancia, 1,5 hectares de tomate e 6 hectares de capim elefante. Essa área de capim manteve um rebanho bovino e caprino de 1.895 animais (OLIVEIRA, 2003).

Conforme o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, aquele município possui uma população de 7.543 habitantes em uma área territorial de 523 km² e suas áreas limítrofes se inserem na quadrícula de coordenadas geográficas 6°42' a 6°72' de Latitude Sul e 37°54' a 37°18' de Longitude Oeste, tendo na agricultura sua principal fonte de sustentação econômica, cuja maioria das propriedades ainda são de base familiar. Observe o mapa da região na figura 19.



Figura 19: Mapa de Serra Negra do Norte-RN.

A técnica introduzida para a construção dessas barragens foi à execução de barramentos em parte subterrâneos, com escavação de trincheira e preenchimento com terra compactada, e em parte superficial, com um enrocamento de pedras arrumadas. Devido às fortes chuvas de janeiro e fevereiro de 2004 e a falhas na construção, foram destruídas 3 das 10 barragens sucessivas, a saber: Barragem dos Torrões, Barra de São Pedro e Boa Vista (BARBOSA, 2005).

Segundo ESAM/RN em abril de 2003, na qual desenvolveu um estudo através da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, tem informação de que em 2003 foi detectado um problema ambiental na área das barragens, devendo ser monitorado, a fim de que não se agrave futuramente, visto que cidades a montante de Serra Negra do Norte estão jogando dejetos no Rio Espinharas, podendo estar contribuindo para inviabilizar o uso da água para irrigação de hortaliças, afetando, inclusive, sua balneabilidade.

Nas áreas rurais, ainda persiste no trinômio milho-feijão-algodão a agricultura de sequeiro, ou seja, agricultura dependente das chuvas. Nas várzeas,

foram observados impactos negativos ao meio ambiente, podendo-se citar a salinização dos solos, implicando na perda da capacidade produtiva dos mesmos.

Vale salientar, que na região existe uma área de Conservação Florestal, a Estação Ecológica do Seridó, cuja sua área é de 1.163 há, onde o principal objetivo é a proteção do ecossistema da caatinga. A Estação Ecológica fica localizada entre quatro municípios: Serra Negra do Norte, Timbaúba dos Batistas, Caicó e São João do Sabugi. A maior área, cerca de 70%, fica inserida no município de Serra Negra do Norte (SILVA, 2001).

IV. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Método Selecionado

O planejamento para a realização desse projeto tem como base, fazer um levantamento destes quatro pontos já citados que estão em operação atualmente nos municípios da região do semi-árido. Entrando em contatos com órgãos, tais como a prefeitura das cidades e sindicatos de trabalhadores rurais para obter mais informações sobre as barragens em estudo, tais como: área de exploração agrícola, tipo de cultura explorada, entre outros.

Em seguida, visitou-se os locais, para fazer um reconhecimento do terreno a fim de selecionar os melhores lugares para a coleta, em função da sua facilidade de acesso, modelo de operação, ano de construção, material utilizado e obtenção de uma amostragem representativa, correta e significativa, das localidades possibilitando uma visão completa da situação atual dessas barragens subterrâneas.

Posteriormente, foram coletadas amostras dessas águas para análises laboratoriais, avaliando-as mensalmente e definindo seus pontos com a utilização do GPS (Global Positioning System) estabelecendo suas coordenadas geográficas em UTM e mostrando os lugares de estudo através de fotos tiradas *in loco* e mapas da região.

O acondicionamento do material coletado nos locais utilizou vasilhames plásticos, limpos e esterilizados com água deionizada, e conservados após coleta num isopor com gelo para não ocorrer modificação das suas propriedades iniciais.

Conforme na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, os parâmetros físico-químicos a serem analisados, considerando os de maior relevância para determinar a qualidade da água para o consumo humano realizadas no laboratório do LARHISA (Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) no período de 2007 a 2008, são: temperatura, sabor, odor, cor, turbidez, determinação de pH, sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade elétrica, alcalinidade total, alcalinidade de

bicarbonato, alcalinidade de carbonato, alcalinidade de hidróxido, dureza total, amônia, nitrito, nitrato, cálcio, bicarbonato (HCO_3), cloreto e magnésio. Enquanto no CEFET (Centro federal de educação tecnológica do Rio Grande do Norte) no mesmo período foram analisados os seguintes parâmetros: zinco, ferro, sódio, potássio, manganês, sulfato e alumínio.

Para as análises microbiológicas, foram realizadas no LARHISA as análises de coliformes fecais, sendo este, o fator de maior importância na identificação de microorganismos que oferecem riscos à saúde do seres humanos.

As metodologias analíticas para a determinação destes parâmetros são segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA, 1995), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), recomendada por esta Portaria vigente.

Com relação aos pesticidas, as amostras de água foram acondicionadas adequadamente em caixas de isopor e enviadas a Fortaleza no estado do Ceará, a fim de serem analisadas quanto a clorpirifos, endossulfan, metil paration e trifluralina. Sendo utilizado nas três primeiras substâncias o método de Cromatografia Gasosa e na última Colorimétrico.

Os dados obtidos foram comparados com esta portaria devendo atender as especificações das normas e seus padrões permissíveis, caso não estando em conformidade com a lei são identificado possíveis causas, relacionando juntamente com os fatores hidrológicos do rio onde foram implantadas as barragens subterrâneas em estudo.

Para a classificação da água utilizada na irrigação foi usado o método proposto pelo United Salinity Laboratory (USSL), estimando o risco de salinidade e sodicidade a partir da condutividade elétrica (CE), da razão de adsorção de sódio (RAS) e da porcentagem de sódio trocável (PST), sendo um método bastante aceito atualmente.

V. RESULTADOS E DISCURSÕES

Encontram-se dispostos, a seguir nas tabelas 05, 06, 07, e 08, os resultados médios obtidos, necessários à caracterização das barragens semi-submersas de Serra Negra do Norte durante o período de agosto de 2007 a julho de 2008. Assim, foram comparados com os valores máximos permitidos pela Portaria nº 518, de março de 2004, do Ministério da Saúde, para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Enquanto que para verificar a qualidade de água para a irrigação foi utilizado o método proposto pelo United Salinity Laboratory (USSL), os quais se referem ao risco de sodicidade e de salinidade (Tabela 09 e 10).

Tabela 05 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, assim como, o padrão de aceitação para consumo humano definido pela Portaria nº518-MS.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA PUNTO 01 (Barragem Conceição)	MÉDIA PUNTO 02 (Poço do Riacho Fundo)	MÉDIA PUNTO 03 (Barragem Dinamarca)	MÉDIA PUNTO 04 (Poço da Conceição)	VALOR MÁXIMO PERMITIDO (PORTARIA 518/04)
Alumínio	mg/L	0,697	0,908	1,298	0,422	0,2
Amônia (NH ₃)	mg/L	0,253	0,503	1,091	0,124	1,5
Cloreto	mg/L	139,207	177,314	128,252	34,489	250
Cor Aparente	uH ⁽¹⁾	7,579	16,537	41,343	3,951	15
Dureza	mg/L	49,375	95	72,917	62,3	500
Ferro	mg/L	0,450	0,559	1,695	0,588	0,3
Manganês	mg/L	0,07	0,032	0,138	0,016	0,1
Odor	-	-	-	-	-	Não objetável
Gosto	-	-	-	-	-	Não objetável
Sódio	mg/L	59,25	36,1	66,0	36,8	200
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	228,225	211,74	213,05	103,98	1000
Turbidez	UT	5,12	13,51	28,287	4,182	5
Sulfato	mg/L	9,73	11,432	3,928	1,099	250
Zinco	mg/L	0,010	0,006	0,052	0,028	5
pH	-	6,91	6,256	6,123	5,82	6,0 a 9,5

Tabela 06 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, assim como, o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco a saúde definido pela Portaria nº518-MS.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA PUNTO 01 (Barragem Conceição)	MÉDIA PUNTO 02 (Poço do Riacho Fundo)	MÉDIA PUNTO 03 (Barragem Dinamarca)	MÉDIA PUNTO 04 (Poço da Conceição)	VALOR MÁXIMO PERMITIDO (PORTARIA 518/04)
Nitrato (como N)	mg/L	1,580	9,684	9,400	3,243	10
Nitrito (como N)	mg/L	0,000	0,0006	0,001	0,000	1
AGROTÓXICOS						
Endossulfan	µg/L	-	-	-	-	20
Trifluralina	µg/L	-	-	-	-	20

Tabela 07 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, assim como, o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano definido pela Portaria nº518-MS.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA PUNTO 01 (Barragem Conceição)	MÉDIA PUNTO 02 (Poço do Riacho Fundo)	MÉDIA PUNTO 03 (Barragem Dinamarca)	MÉDIA PUNTO 04 (Poço da Conceição)	VALOR MÁXIMO PERMITIDO (PORTARIA 518/04)
Coliformes Termotolerantes	mL	519	869,4	1184	310	Ausência em 100mL

Tabela 08 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos não citados pela Portaria nº518-MS.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA PUNTO 01 (Barragem Conceição)	MÉDIA PUNTO 02 (Poço do Riacho Fundo)	MÉDIA PUNTO 03 (Barragem Dinamarca)	MÉDIA PUNTO 04 (Poço da Conceição)	VALOR MÁXIMO PERMITIDO (PORTARIA 518/04)
Alcalinidade Total	mg/L	110,875	109,4	165	112,7	-
Alcalinidade Hid.	mg/L	-	-	-	-	-
Alcalinidade Bicarb.	mg/L	110,875	109,4	165	112,7	-
Alcalinidade Carb.	uH	-	-	-	-	-
Potássio	mg/L	10,75	6,08	10,017	5,26	-
Temperatura	°C	29	29,62	27,35	28,56	-
Clorpirifos	µg/L	-	-	-	-	-
Metil Paration	µg/L	-	-	-	-	-

Tabela 09 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas nos quatro pontos, a fim de determinar o risco de sodicidade e salinidade.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA PONTO 01 (Barragem Conceição)	MÉDIA PONTO 02 (Poço do Riacho Fundo)	MÉDIA PONTO 03 (Barragem Dinamarca)	MÉDIA PONTO 04 (Poço da Conceição)
Condutividade Elétrica	µS/cm	511,25	485,92	471,1	237
Cálcio	mg/L	8,76	26,40	14,767	19,08
Magnésio	meq/L	6,828	7,047	8,748	3,329
Bicarbonato	meq/L	135,267	133,468	201,3	137,494
Sódio	meq/L	2,577	1,568	2,87	1,6
Cálcio Corrigido	meq/L	0,580	1,562	0,85	1,058
RAS°	(mmol/L) ^{1/2}	3,247	1,7	3,49	2,066

Tabela 10 - Resultados médios obtidos da qualidade das águas para irrigação nos quatro pontos.

PARÂMETRO	MÉDIA PONTO 01 (Barragem Conceição)	MÉDIA PONTO 02 (Poço do Riacho Fundo)	MÉDIA PONTO 03 (Barragem Dinamarca)	MÉDIA PONTO 04 (Poço da Conceição)
Risco de Salinidade e Sodicidade	C1S2	C1S2	C1S2	C1S2

QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

a) Temperatura

Segundo BRITO (2007), a temperatura influi em algumas propriedades importantes da água, como densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, com reflexos sobre toda a vida aquática. Por isso, neste estudo esta sendo utilizado como um parâmetro de caracterização do corpo d'água e não como um parâmetro de controle de água potável.

Os valores médios obtidos das temperaturas, nos quatro pontos, apresentaram-se próxima à temperatura média do ambiente estando associada aos horários das coletas (coletas realizadas entre 10:00 h e 14:00 h) variando de 28,56 em P4 a 29,62 em P2.

Os corpos d'água apresentam variações sazonais, diurnas e ao longo da coluna vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, longitude, altitude, estação do ano, período do dia, corrente e profundidade (BRITO, 2007).

b) Sabor e Odor

Nos resultados obtidos, estes parâmetros se apresentaram ausentes, estando, portanto, em conformidade com os critérios estabelecidos pela Portaria nº 518/04.

c) Cor Aparente

A cor de uma água resulta da existência de substâncias em solução; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela presença de matéria orgânica originada da decomposição de plantas e animais denominada de substâncias húmicas (potencialmente carcinogênicos), pela introdução de esgotos industriais e domésticos (BRITO, 2007).

De acordo com a Portaria vigente, a cor aparente da água deve apresentar valor máximo permitido de 15 em mg Pt/L. Contudo, os valores obtidos nos quatro pontos monitorados (P1, P2, P3 e P4), mostrados na Tabela 11 e Figura 20, apenas P2 e P3 apresentaram índices médios inadequados com o padrão determinado. Valores superiores a 25 mgPt-Co/L geralmente requerem a coagulação química seguida por filtração (VON SPERLING, 1996).

Tabela 11: Cor da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	COR			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	5,494	0,000		
23/09/07	7,718	0,000		
16/10/07	9,941	0,000		
28/11/07			21,057	6,606
26/12/07			18,278	0,000
23/01/08			21,613	8,829
12/02/08			59,407	2,715
26/03/08		69,967	116,654	
24/07/08	7,162	12,720	11,052	1,604

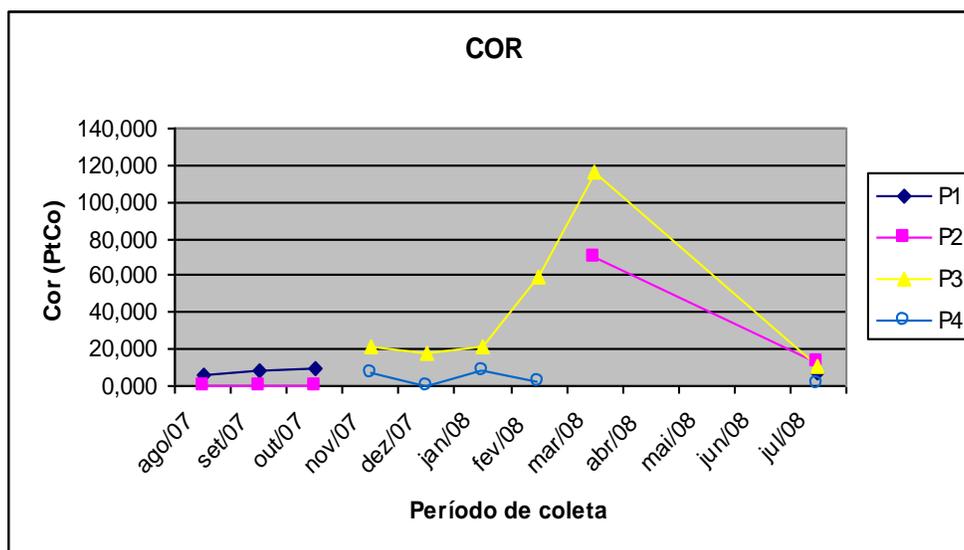


Figura 20: Cor da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

d) Turbidez

O valor máximo permitido pela Portaria nº 518/04 para o parâmetro Turbidez é de 5 UT. Porém, os resultados médios obtidos nos pontos amostrais, com exceção do P4, apresentaram-se impróprios (Tabela 12 e Figura 21).

A turbidez média variou de um mínimo de 4,182 UT em P4 a 28,287 UT em P3. Valores de turbidez da água bruta inferiores a 20 UT podem ser dirigidas diretamente para a filtração lenta, dispensando a coagulação química (VON SPERLING, 1996).

Tabela 12: Turbidez da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	TURBIDEZ			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,61	0,40		
23/09/07	2,05	0,75		
16/10/07	7,72	0,70		
28/11/07			6,16	5,06
26/12/07			8,68	3,98
23/01/08			8,78	2,62
12/02/08			40,30	5,07
26/03/08		54,10	94,30	
24/07/08	10,10	11,60	11,50	4,18

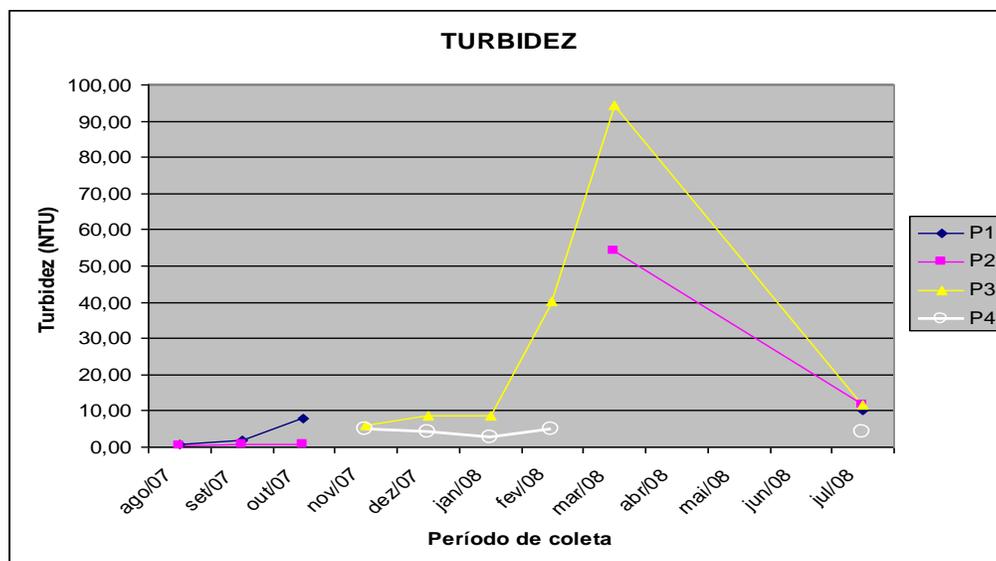


Figura 21: Turbidez da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

e) Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial de hidrogênio (pH) está relacionado diretamente com a acidez e alcalinidade das águas. O pH indica a concentração do íon hidrogênio de uma solução. Uma solução neutra tem pH 7. Valores de pH superior a 7 indica uma solução alcalina e um pH inferior a 7 indica uma solução ácida (BRITO, 2007). O pH médio variou de 5,82 em P4 a 6,91 em P1.

Segundo a Portaria nº 518/04, o parâmetro pH tem que ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5, a fim de preservar o padrão de potabilidade da água. Assim, observa-se na Tabela 13 e na Figura 22 que, com exceção do ponto 4, todas as amostras estão na margem permitida.

Tabela 13: Potencial Hidrogeniônico da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	pH			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	6,69	6,60		
23/09/07	7,98	6,33		
16/10/07	6,31	6,30		
28/11/07			6,31	5,77
26/12/07			6,10	5,92
23/01/08			6,21	5,70
12/02/08			5,84	5,78
26/03/08		5,75	5,63	
24/07/08	6,66	6,30	6,65	5,93

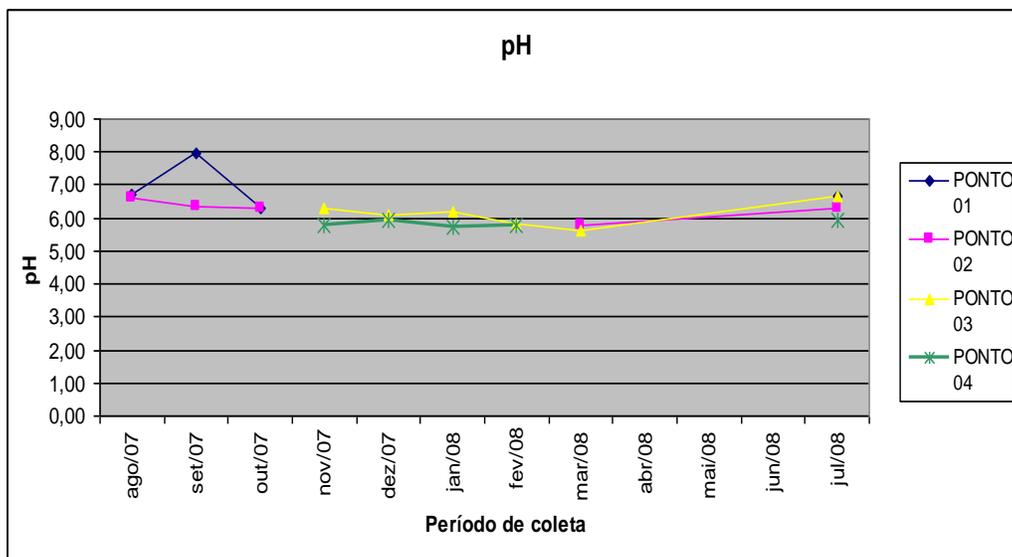


Figura 22: Potencial Hidrogeniônico da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

f) Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Segundo a Portaria vigente, o padrão de aceitação para consumo humano no parâmetro de Sólidos Totais Dissolvidos é de 1.000 mg/L. Assim, os valores obtidos nos quatro pontos monitorados (P1, P2, P3 e P4), mostrados na Tabela 14 e Figura 23, apresentaram índices em conformidade com o limite permitido. O teor médio variou de 103,98 em P4 a 228,225 em P1.

Tabela 14: STD da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	STD			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	229,0	331,0		
23/09/07	219,0	291,0		
16/10/07	270,0	344,0		
28/11/07			262,0	113,2
26/12/07			289,0	108,8
23/01/08			352,0	103,6
12/02/08			93,5	106,8
26/03/08		33,7	30,8	
24/07/08	194,9	59,0	251,0	87,5

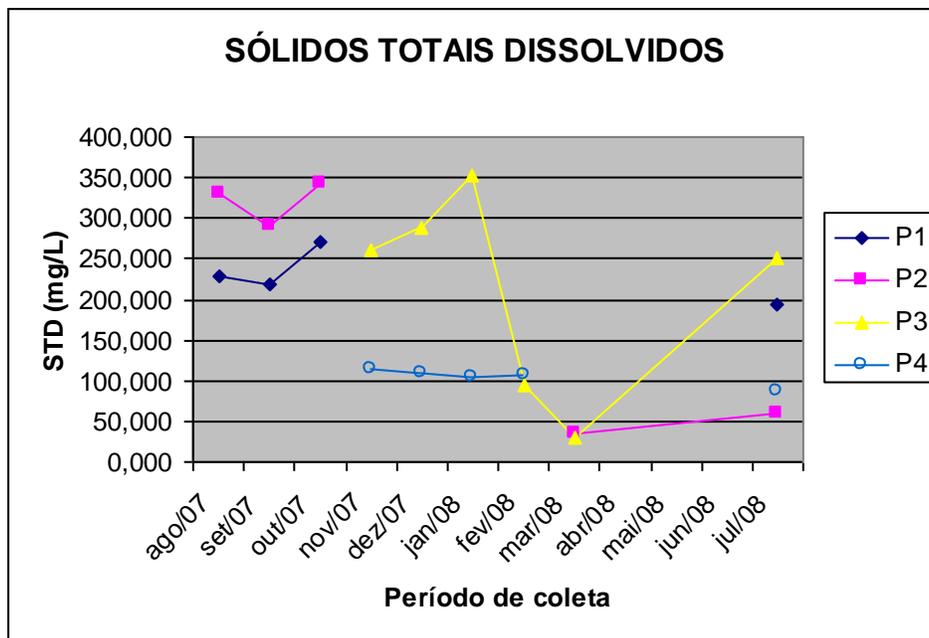


Figura 23: STD da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

g) Dureza Total

Segundo BRITO (2007), a dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente e total. Dureza temporária ou de carbonatos ocorre por causa dos íons de cálcio e de magnésio que sob aquecimento se combinam com íons bicarbonato e carbonatos, podendo ser eliminada pela fervura. Já a dureza permanente é devida aos íons de cálcio e magnésio que se combinam com sulfato, cloretos, nitratos e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados pelo aquecimento e, por fim, a dureza total é a soma da dureza temporária com a permanente.

O valor máximo permitido é de 500 mg/L, estando, portanto, todos os pontos adequados para o consumo humano no período analisado, como pode ser visualizado na Tabela 15 e na Figura 24. As amostras analisadas apresentaram variações de dureza, com valor mínimo de 95 mg/L em P2 e máximo de 72,917 mg/L em P3.

Tabela 15: Dureza Total da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	DUREZA TOTAL			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	44,0	125,5		
23/09/07	35,0	125,0		
16/10/07	54,5	153,0		
28/11/07			88,0	55,0
26/12/07			104,0	70,0
23/01/08			93,5	59,5
12/02/08			56,0	64,0
26/03/08		20,5	20,0	
24/07/08	64,0	51,0	76,0	63,0

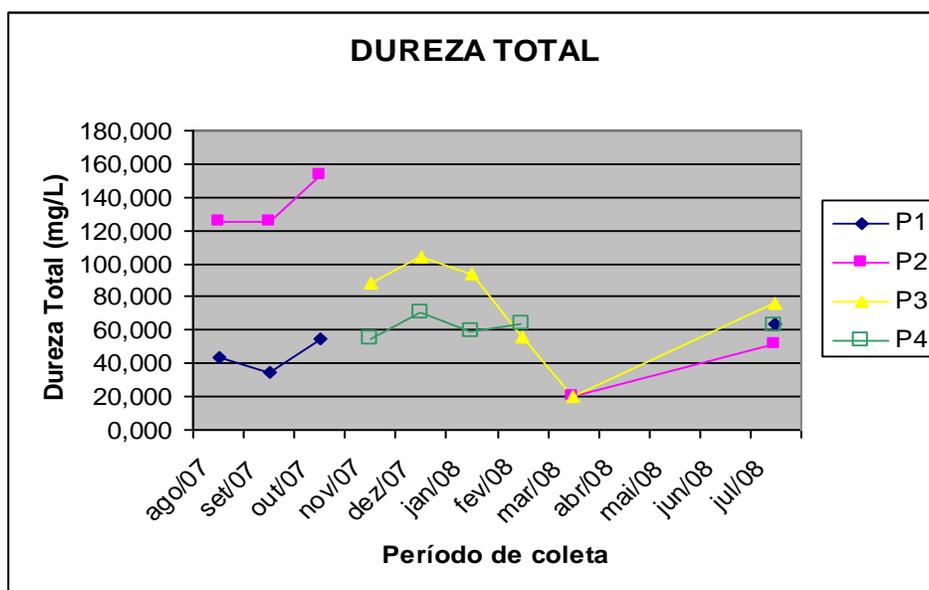


Figura 24: Dureza Total da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

h) Alcalinidade Total, Alcalinidade de Bicarbonatos, Alcalinidade de Hidróxidos e Alcalinidade de Carbonatos

A alcalinidade não tem significado sanitário para água potável, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para água. É uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações (BRITO, 2007). Como a alcalinidade média medida nos distintos pontos está entre 4,5 e 8,3, a alcalinidade de bicarbonatos se iguala a total (Tabela 16 e Figura 25), e a alcalinidade de carbonatos juntamente com a alcalinidade de hidróxidos conferem valor zero.

Tabela 16: Alcalinidade Total da água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	DUREZA TOTAL			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	87,0	123,0		
23/09/07	106,0	127,0		
16/10/07	118,0	138,0		
28/11/07			159,5	93,5
26/12/07			233,0	123,0
23/01/08			223,0	118,0
12/02/08			100,0	100,0
26/03/08		64,0	86,0	
24/07/08	132,5	95,0	188,5	129,000

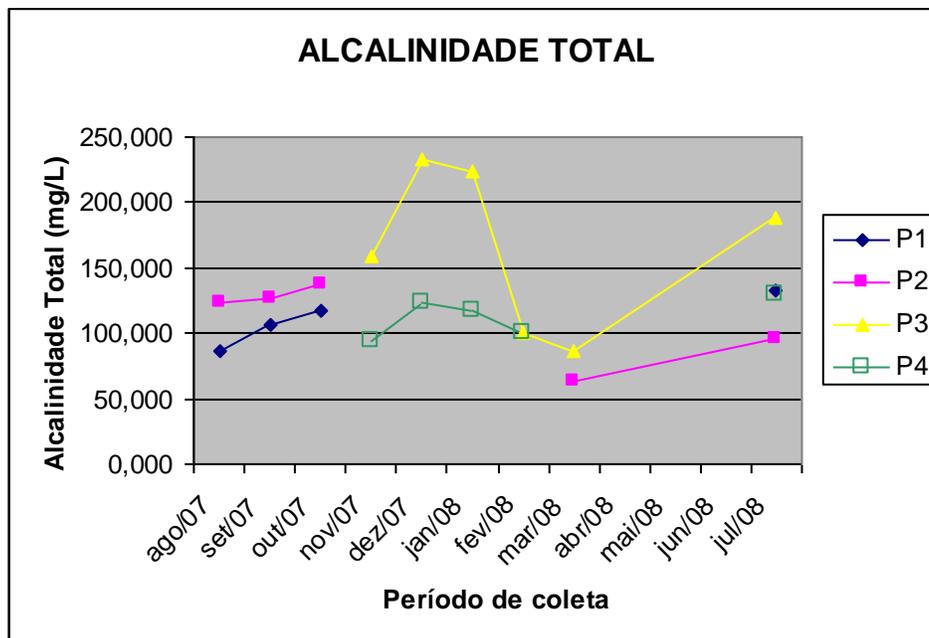


Figura 25: Alcalinidade Total da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

i) Amônia

A concentração de amônia permitida é de 1,5mg/L, apresentando, assim, em todos os pontos amostrais, resultados adequados conforme a Portaria 518/04, como pode ser observado na Tabela 17 e na figura 26. A amônia variou de 0,124 em P4 a 1,091 em P3.

Tabela 17: Concentração de amônia na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	AMÔNIA			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,260	0,025		
23/09/07	0,179	0,000		
16/10/07	0,364	0,033		
28/11/07			0,623	0,025
26/12/07			0,413	0,010
23/01/08			0,703	0,058
12/02/08			2,359	0,001
26/03/08		1,793	2,043	
24/07/08	0,211	0,663	0,405	0,526

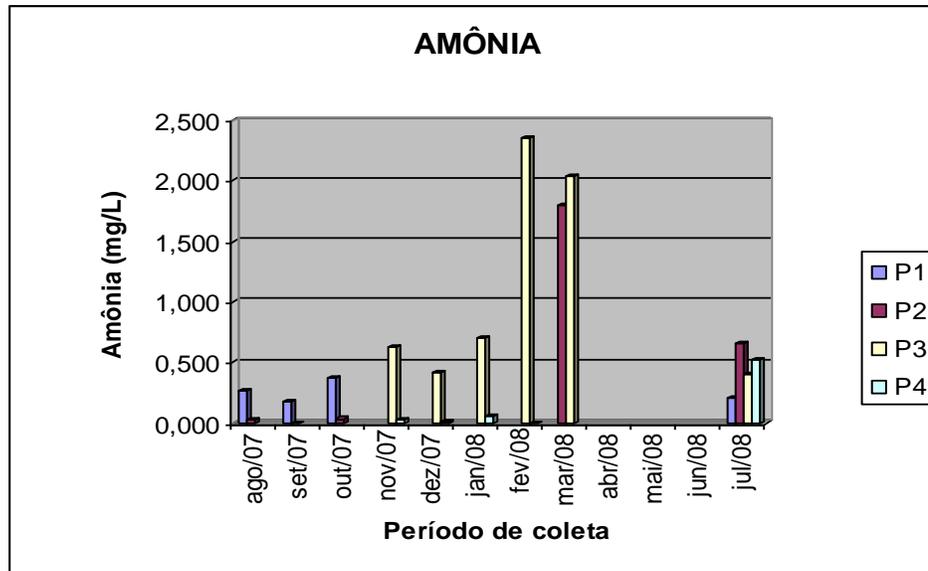


Figura 26: Concentração de amônia na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

j) Nitrito

O parâmetro nitrito, segundo a Portaria 518/04, não pode ultrapassar o valor de 1 mg/L, portanto todos os pontos monitorados estão em conformidade durante o período analisado do ano, não apresentando risco a qualidade da água, como pode ser observado na Tabela 18.

Tabela 18: Concentração de Nitrito na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	NITRITO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,000	0,000		
23/09/07	0,000	0,000		
16/10/07	0,000	0,000		
28/11/07			0,000	0,000
26/12/07			0,000	0,000
23/01/08			0,000	0,000
12/02/08			0,002	0,000
26/03/08		0,003	0,004	
24/07/08	0,000	0,000	0,000	0,000

k) Nitrato

Na Portaria 518/04, o padrão de potabilidade determina que para nitrato o valor máximo permitido é de 10 mg/L, desta forma todas as amostras apresentaram adequadas com relação a este parâmetro, como pode ser visto na Tabela 19 e Figura 27. O nitrato obteve variações de 1,580 em P1 a 9,684 em P2.

Tabela 19: Concentração de Nitrato na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	NITRATO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,000	12,275		
23/09/07	1,798	12,007		
16/10/07	2,425	12,305		
28/11/07			1,380	0,843
26/12/07			0,425	0,067
23/01/08			29,469	12,842
12/02/08			1,380	0,156
26/03/08		8,096	22,753	
24/07/08	2,096	3,738	0,992	2,305

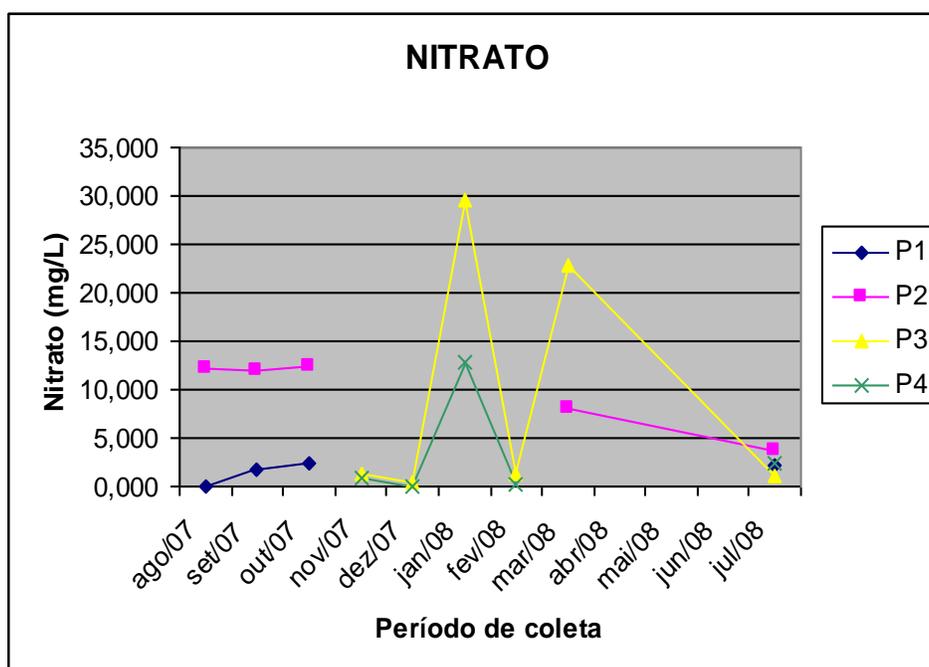


Figura 27: Concentração de nitrato na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

I) Cloreto

Segundo BRITO (2007), as altas concentrações de cloreto provocam sabor salgado na água. Portanto, o recomendado pela Portaria 518/04 é de 250 mg/L, assim todas as campanhas nos quatro pontos monitorados estão adequadas para o consumo humano, como pode ser visualizada na Tabela 20 e na Figura 28. O cloreto médio variou de 34,489 em P4 a 177,314 em P2.

Tabela 20: Concentração de cloreto na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	CLORETO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	110,966	158,701		
23/09/07	131,959	166,948		
16/10/07	182,443	209,935		
28/11/07			153,952	38,238
26/12/07			173,946	44,986
23/01/08			236,677	49,984
12/02/08			49,984	49,984
26/03/08		18,494	16,995	
24/07/08	131,460	32,490	137,957	39,238

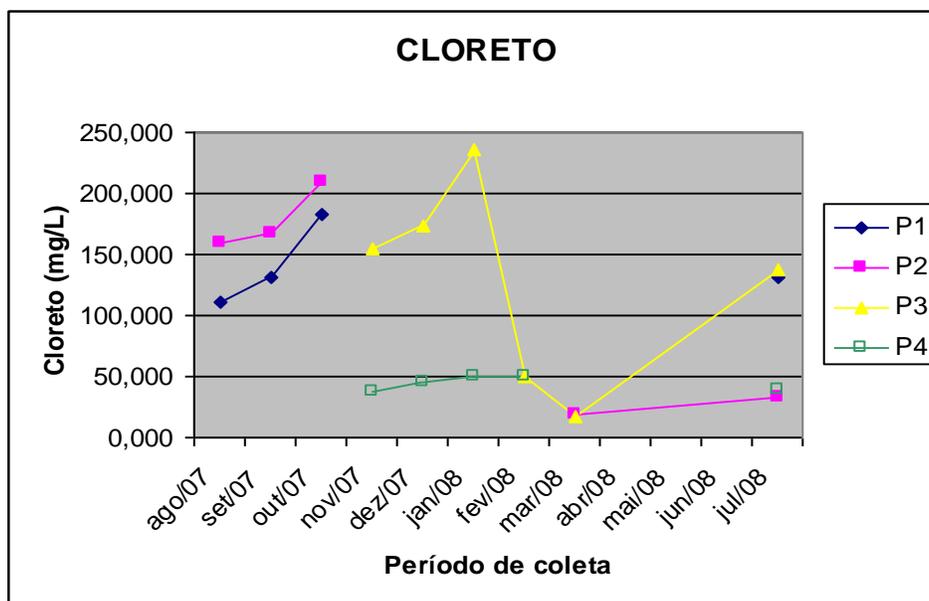


Figura 28: Concentração de cloreto na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

m) Zinco

O zinco é um elemento pouco abundante na crosta terrestre, com aproximadamente 0,12 % (FATMA/GTZ, 1999, apud CREMER *et al*, 2004). O zinco é encontrado na natureza principalmente sob a forma de sulfetos, associado ao chumbo, cobre, prata e ferro (galena, calcopirita, argentita e pirita, dentre outros) (BRITO, 2007).

O valor recomendado para a concentração de zinco na água é de 5 mg/L, assim, de acordo com os resultados obtidos mostrados na Tabela 21 e Figura 29, todos os pontos analisados em Serra Negra do Norte estão em conformidade. O zinco médio variou de 0,006 em P2 a 0,052 em P3.

Tabela 21: Concentração de zinco na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	ZINCO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,000	0,000		
23/09/07	0,000	0,000		
16/10/07	0,020	0,030		
28/11/07			0,030	0,030
26/12/07			0,000	0,000
23/01/08			0,120	0,070
12/02/08			0,050	0,030
26/03/08		0,000	0,080	
24/07/08	0,022	0,000	0,035	0,011

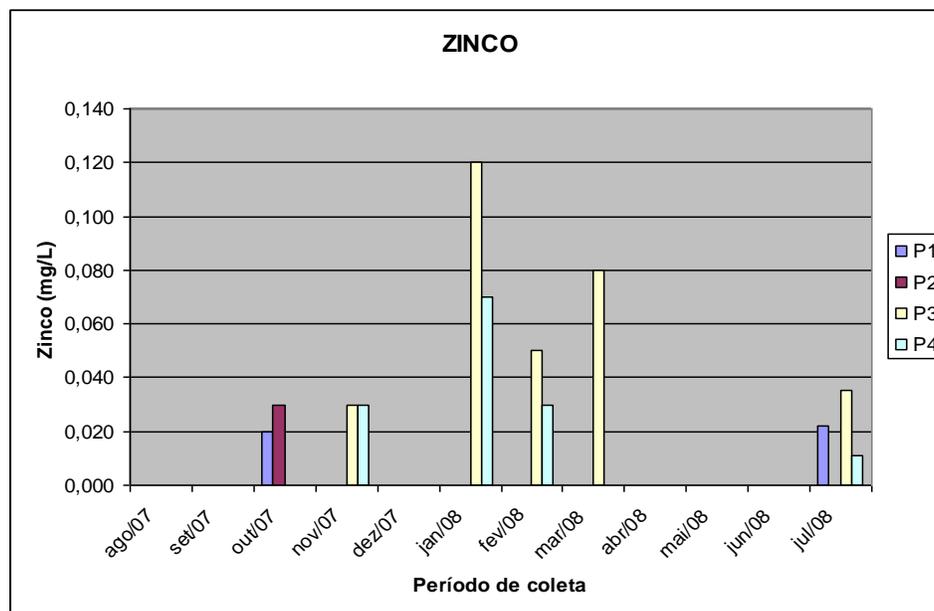


Figura 29: Concentração de zinco na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

n) Ferro

As águas contendo ferro dissolvido na forma de carbonato ferroso, na ausência de oxigênio, são límpidas e de aparência agradável, podendo induzir à sua utilização. Entretanto, após contato com o ar, o bicarbonato oxida-se e precipita-se, o que pode conferir cor à água; além de um sabor desagradável que prejudica a preparação de cafés e chás. Pode ainda causar depósitos e incrustações, manchar tecidos, roupas, utensílios, aparelhos sanitários, além de possibilitar o desenvolvimento de bactérias ferruginosas nocivas, como por exemplo, a bactéria *crenatrix* (RICHTER & AZEVEDO NETO, 1991).

A concentração de ferro na água, conforme a Portaria 518/04 permite um valor máximo de 0,3 expresso em mg/L, desta forma, todos os valores médios se apresentaram inadequados, variando de 0,450 em P1 a 1,695 em P3, podendo ser observado também a tabela 22 e Figura 30 com seus valores diários.

Tabela 22: Concentração de ferro na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	FERRO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,252	0,164		
23/09/07	0,170	0,160		
16/10/07	0,300	0,050		
28/11/07			0,060	0,030
26/12/07			0,260	0,220
23/01/08			0,790	1,100
12/02/08			3,390	0,560
26/03/08		1,190	2,250	
24/07/08	1,080	1,230	3,420	1,030

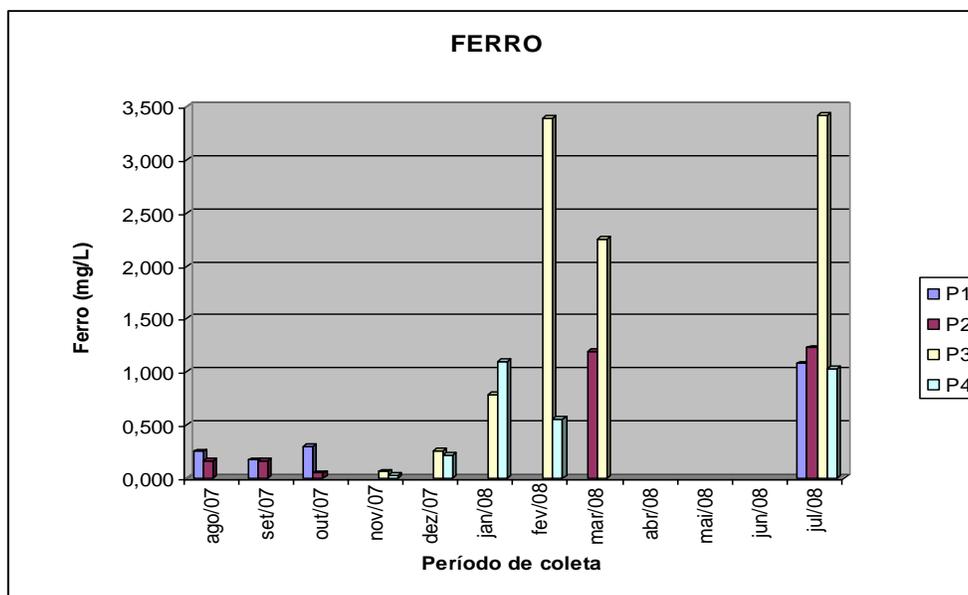


Figura 30: Concentração de ferro na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

o) Alumínio

O padrão adequado para alumínio na Portaria 518/04 é de 0,2 mg/L, portanto nenhum dos pontos apresentaram valores médios adequados, variando de 0,422 em P4 a 1,298 em P3. Seus resultados diários podem ser vistos na Tabela 23 e na Figura 31.

Tabela 23: Concentração de alumínio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	ALUMÍNIO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,520	0,080		
23/09/07	0,900	1,100		
16/10/07	0,050	0,030		
28/11/07			0,060	0,140
26/12/07			0,080	0,040
23/01/08			0,360	0,340
12/02/08			1,700	0,150
26/03/08		1,930	2,840	
24/07/08	1,320	1,400	2,750	1,440

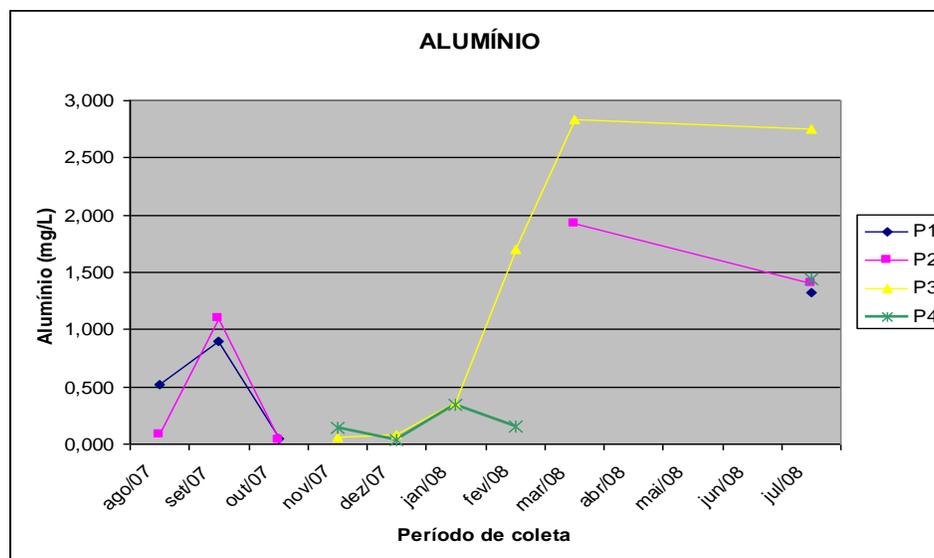


Figura 31: Concentração de alumínio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

p) Manganês

O teor máximo permitido por esta portaria para manganês é de 0,1 mg/L, assim, com exceção do ponto 03, todos os outros pontos se encontraram em conformidade. O manganês médio variou de 0,016 em P4 a 0,138 em P3, podendo também ser visualizado seus valores diários na Tabela 24 e na Figura 32.

Tabela 24: Concentração de manganês na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	MANGANÊS			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,140	0,088		
23/09/07	0,000	0,000		
16/10/07	0,140	0,070		
28/11/07			0,050	0,030
26/12/07			0,070	0,000
23/01/08			0,050	0,020
12/02/08			0,660	0,030
26/03/08		0,000	0,000	
24/07/08	0,000	0,000	0,000	0,000

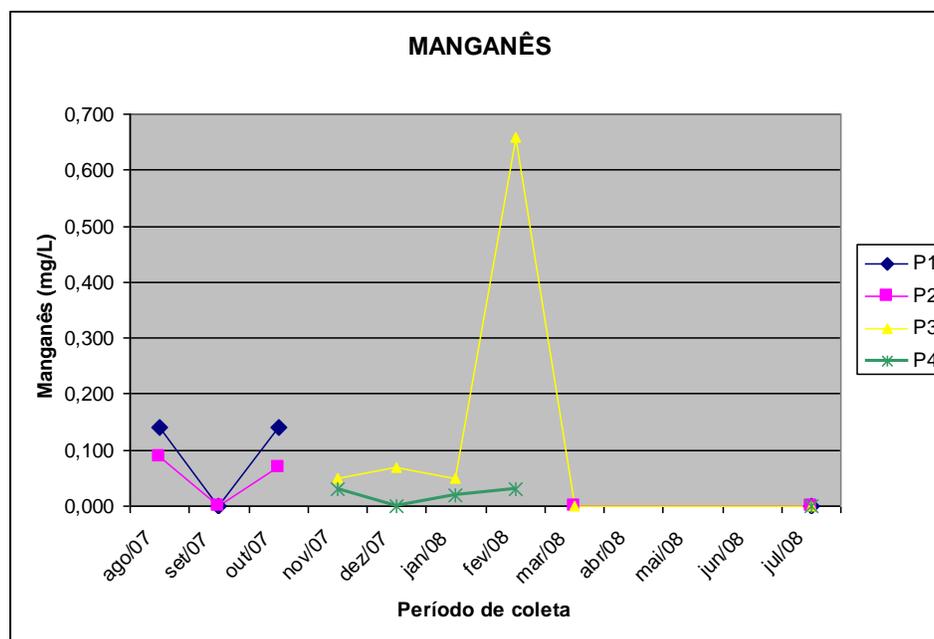


Figura 32: Concentração de manganês na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

q) Sulfato

Os sulfatos apresentam-se nas águas como sulfatos de cálcio, sódio e magnésio. São responsáveis pelos mesmos inconvenientes citados na dureza total. O íon sulfato também pode ser um indicador de poluição de uma das fases de decomposição da matéria orgânica no ciclo do enxofre (BRITO, 2007).

Segundo a Portaria vigente, o padrão de aceitação do sulfato é de 250 mg/L, estando, portanto, todos os pontos em estudo em conformidade preservando a qualidade da água para o consumo humano como pode ser visto na Tabela 25 e Figura 33. A concentração média variou de 1,099 em P4 a 11,432 em P2.

Tabela 25: Concentração de sulfato na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	SULFATO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	21,050	8,700		
23/09/07	7,610	19,640		
16/10/07	5,700	23,570		
28/11/07			5,540	1,110
26/12/07			0,028	0,016
23/01/08			2,590	0,620
12/02/08			3,410	0,950
26/03/08		1,850	5,400	
24/07/08	4,560	3,400	6,600	2,800

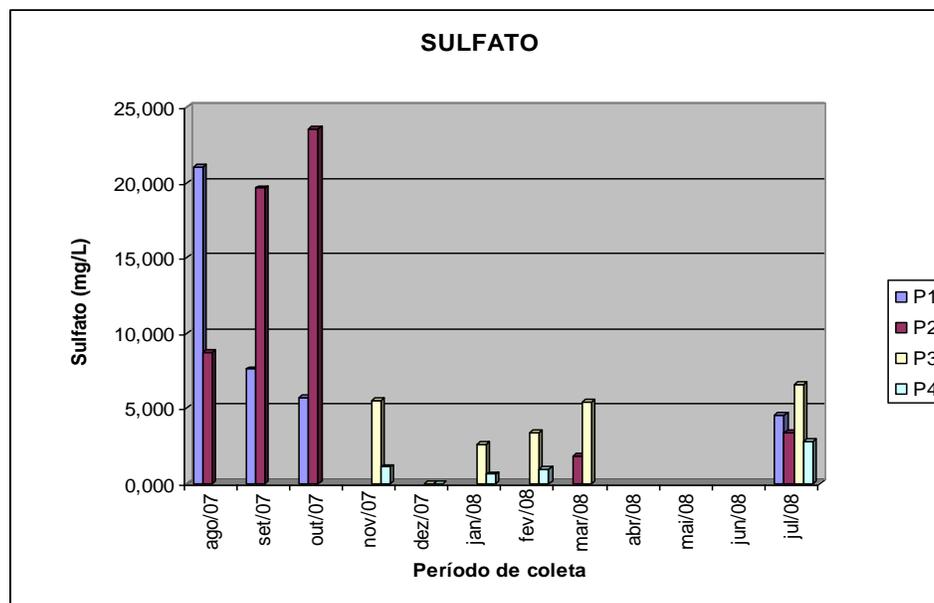


Figura 33: Concentração de sulfato na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

r) Sódio

De acordo com a Portaria 518/04, o valor máximo permitido para sódio é de 200 mg/L, desta forma, todos os locais analisados (P1, P2, P3 e P4) estão dentro do padrão de aceitação para o consumo humano, podendo ser visualizado na Tabela 26 e na Figura 34. As amostras coletadas nos quatro pontos apresentaram valores que variaram de 36,1 mg/L em P2 a 66,0 em P3.

Tabela 26: Concentração de sódio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	SÓDIO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	70,0	38,0		
23/09/07	68,0	41,0		
16/10/07	54,0	29,0		
28/11/07			50,0	33,0
26/12/07			66,0	42,0
23/01/08			66,0	42,0
12/02/08			74,0	38,0
26/03/08		34,5	65,0	
24/07/08	45,0	38,0	75,0	29,0

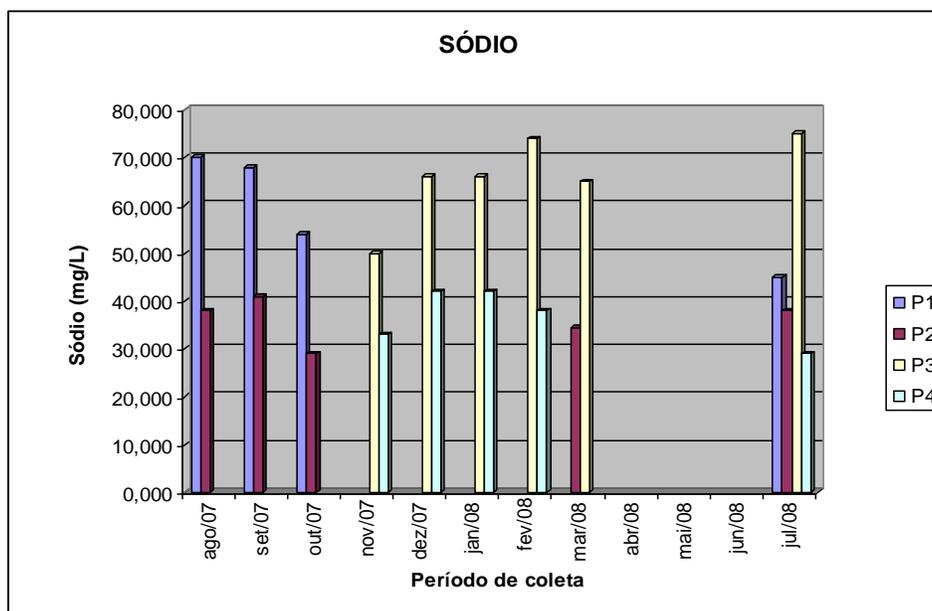


Figura 34: Concentração de sódio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

s) Potássio

O Potássio não é um parâmetro de controle de água potável, mas esta sendo avaliado neste estudo, uma vez que seus sais de potássio serem largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, os quais podem alcançar os mananciais de águas doces através de descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas. Os pontos P1 e P3 (Tabela 27 e Figura 35) foram os que apresentaram maiores concentrações de potássio (10,75 mg/L e 10,017 mg/L de potássio respectivamente).

Tabela 27: Concentração de potássio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	POTÁSSIO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	11,000	6,500		
23/09/07	13,000	10,000		
16/10/07	14,000	4,000		
28/11/07			10,000	5,500
26/12/07			8,000	5,600
23/01/08			9,000	4,000
12/02/08			10,500	3,400
26/03/08		3,900	11,600	
24/07/08	5,000	6,000	11,000	7,800

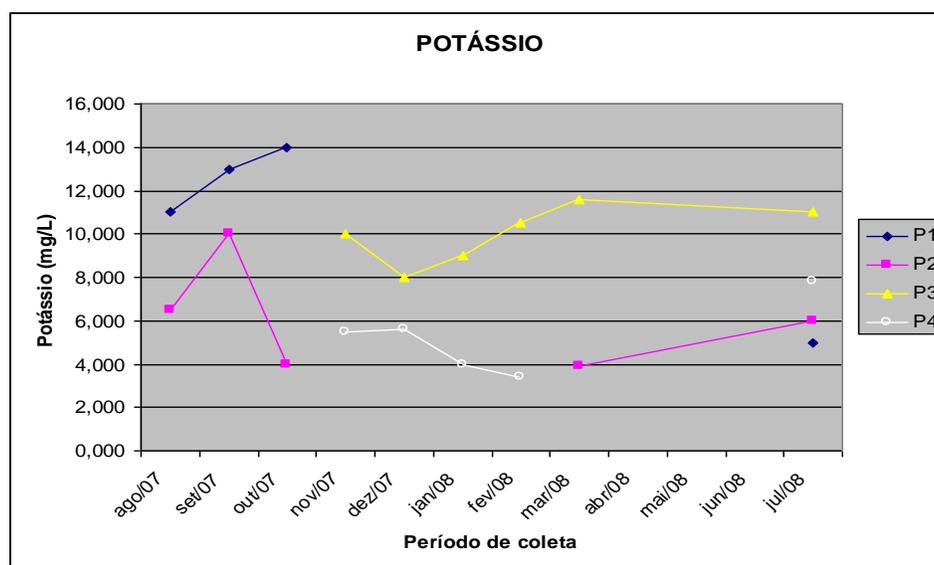


Figura 35: Concentração de potássio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

t) Coliformes Termotolerantes

O padrão para as análises microbiológicas é ausência em 100ml de coliformes termotolerantes, porém os resultados médios indicaram contaminação por bactérias do grupo coliformes, comprometendo a qualidade da água para abastecimento, exigindo sua eliminação. Este fato ocorre principalmente devido à circulação de animais na região das barragens e poços. A concentração média variou de 310 em P4 a 1184 em P3, podendo também ser observado seus valores diários na Tabela 28 e na Figura 36.

Tabela 28: Coliformes termotolerantes na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	44	9		
23/09/07	0	0		
16/10/07	32	38		
28/11/07			4	5
26/12/07			0	18
23/01/08			0	0
12/02/08			600	27
26/03/08		3400	4900	
24/07/08	2000	900	1600	1500

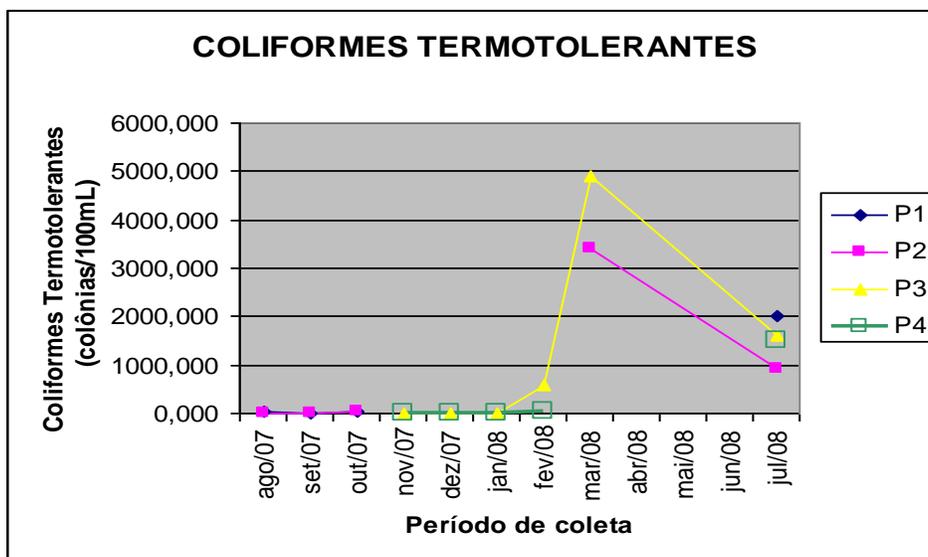


Figura 36: Coliformes termotolerantes na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

t) Pesticidas

Apesar do uso intensivo de pesticidas, os locais analisados quanto a clorpirifos, endossulfan, metil paration e trifluralina (mais utilizados pelos agricultores), no período de agosto de 2007 a julho de 2008, não apresentaram contaminação, podendo ser, principalmente, devido às características físicas dos solos, como: grande espessura, textura argilosa e grande capacidade de armazenamento de água. O clorpirifos e o metil paration analisados neste estudo, não são parâmetros de controle de água potável definidos pela Portaria 518/04, porém são usados em grande escala pelos agricultores, conferindo, portanto, sua importância.

QUALIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A fim de avaliar a qualidade da água para irrigação faz-se necessário analisar a concentração de cálcio, magnésio, bicarbonato, sódio (já citado acima), condutividade elétrica e RAS, conforme o método descrito pelo United Salinity Laboratory (USSL), estimando o risco de salinidade e sodicidade.

a) Cálcio

O cálcio é um parâmetro analisado, a fim de serem avaliados os riscos causados ao solo através água contendo esta substância em abundância, sendo, por isso, convertida para cálcio corrigido. O teor médio de cálcio corrigido variou de um mínimo de 0,580 mg/L em P1 e um máximo de 1,562 mg/L em P2. Seus valores diários podem ser observados na tabela 29 e figura 37.

Tabela 29: Cálcio corrigido na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	CÁLCIO CORRIGIDO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	0,610	1,500		
23/09/07	0,400	1,490		
16/10/07	0,210	2,840		
28/11/07			0,740	1,030
26/12/07			1,410	1,060
23/01/08			0,550	0,960
12/02/08			0,770	1,170
26/03/08		0,820	0,610	
24/07/08	1,100	1,160	1,020	1,070

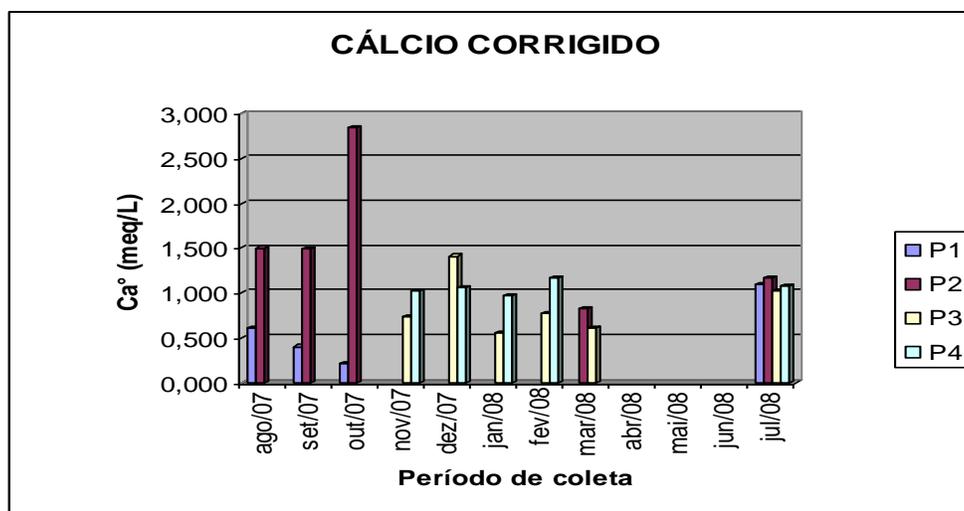


Figura 37: Cálcio corrigido na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

b) Magnésio

O magnésio é outro parâmetro muito importante na determinação da qualidade da água para irrigação. A concentração de cálcio variou de um mínimo de 3,329 mg/L em P4 e um máximo de 8,748 mg/L em P3. Seus valores diários podem ser observados na tabela 30 e figura 38.

Tabela 30: Concentração de magnésio na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	MAGNÉSIO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	7,047	11,299		
23/09/07	6,172	10,449		
16/10/07	12,271	12,879		
28/11/07			12,636	4,009
26/12/07			15,309	4,252
23/01/08			15,309	4,009
12/02/08			7,047	3,402
26/03/08		0,121	0,729	
24/07/08	1,822	0,486	1,458	0,972

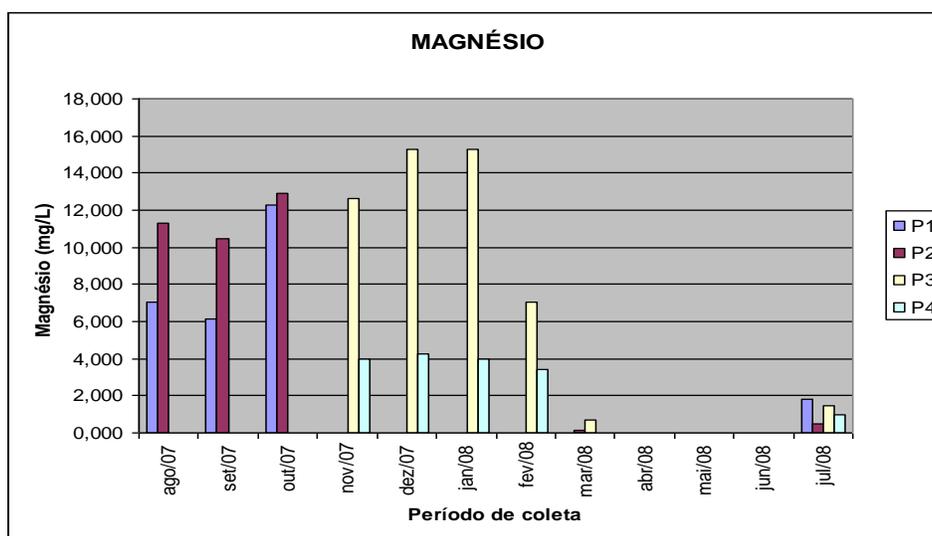


Figura 38: Concentração de magnésio na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

c) Bicarbonato

Outro parâmetro utilizado na determinação da qualidade da água para irrigação é o bicarbonato. A concentração deste variou de um mínimo de 133,468 mg/L em P2 e um máximo de 201,3 mg/L em P3. Seus valores diários podem ser observados na Tabela 31 e Figura 39.

Tabela 31: Concentração de bicarbonato na água utilizada para o consumo humano em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	BICARBONATO			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	106,140	150,060		
23/09/07	129,320	154,940		
16/10/07	143,960	168,360		
28/11/07			194,590	114,070
26/12/07			284,260	150,060
23/01/08			272,060	143,960
12/02/08			122,000	122,000
26/03/08		78,080	104,920	
24/07/08	161,650	115,900	229,970	157,380

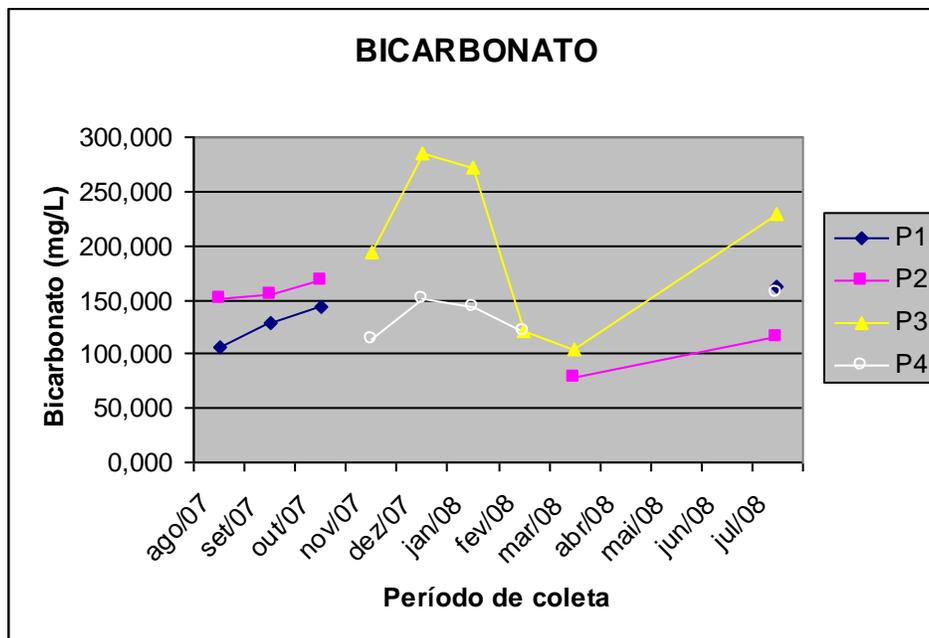


Figura 39: Concentração de bicarbonato na água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

d) Relação de Adsorção de Sódio (RAS) e Condutividade Elétrica (CE)

Com relação ao risco de salinidade, as faixas de condutividade elétrica em uS/cm, conforme o método proposto pelo United Salinity Laboratory (USSL), são comparadas com os resultados obtidos nos quatro pontos monitorados (P1, P2, P3 e P4) durante o período de agosto de 2007 a julho de 2008, podendo ser observado nas Tabelas 32 e na Figura 40.

Tabela 32: Condutividade Elétrica da água utilizada para a irrigação em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	493	757		
23/09/07	494	673		
16/10/07	618	795		
28/11/07			556	250
26/12/07			601	251
23/01/08			858	240
12/02/08			206	248
26/03/08		76,6	68,6	
24/07/08	196	128	537	440

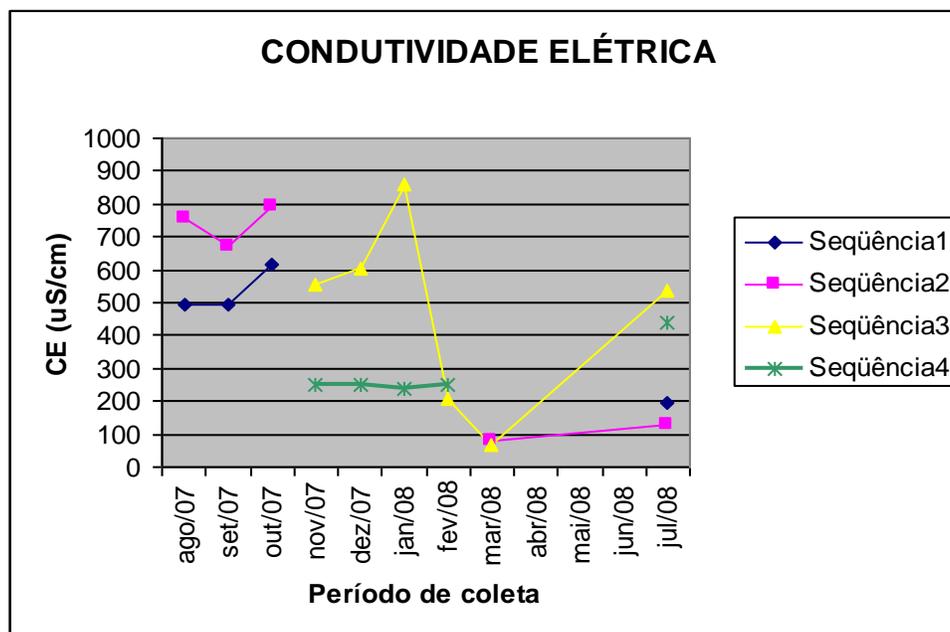


Figura 40: Condutividade Elétrica da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

Assim, é possível observar que em todos os pontos médios indicaram risco baixo de salinidade, podendo visualizar na Tabela 34 seus índices diários. A concentração média variou de 237 em P4 a 511,25 em P1.

Já quanto ao risco de sodicidade, compararam-se os valores de RAS° da Tabela X (la em cima) com os obtidos mostrados na Tabela 32 e Figura 41, apresentando teores médios de 1,7 em P2 a 3,49 em P3. Contudo, pode-se concluir que nos quatros pontos amostrais indicaram problemas crescentes quanto a sodicidade, podendo ser visualizado seus resultados diários na Tabela 34.

Tabela 33: RAS° da água utilizada para a irrigação em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	RAS°			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	3,94	1,50		
23/09/07	4,39	1,64		
16/10/07	3,02	0,90		
28/11/07			2,30	1,73
26/12/07			2,49	2,18
23/01/08			3,02	2,28
12/02/08			3,92	1,63
26/03/08		2,33	4,89	
24/07/08	1,64	2,13	4,32	2,51

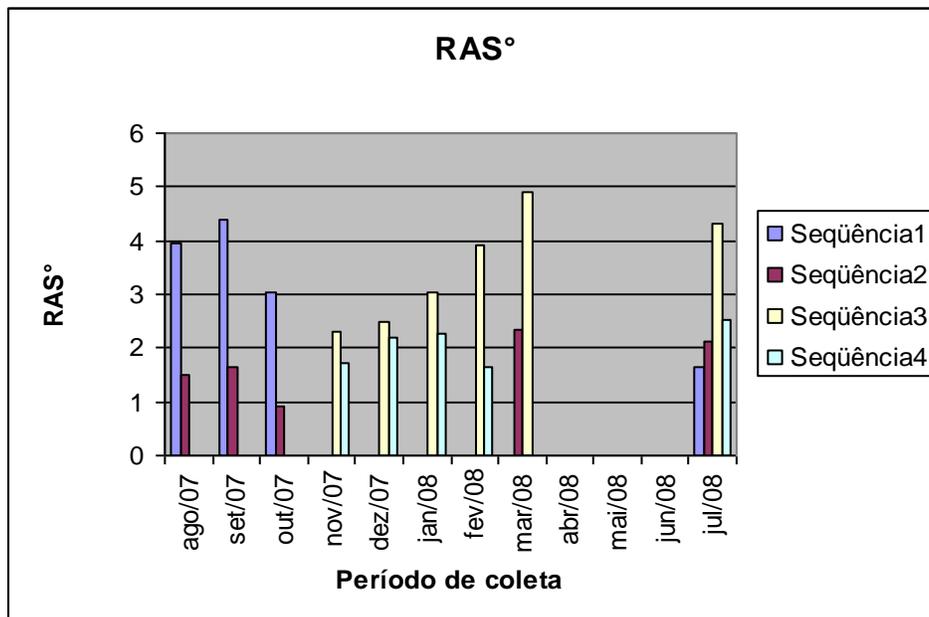


Figura 41: RAS° da água nos quatro pontos de amostragem no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

Tabela 34: Risco de Salinidade e Sodicidade da água utilizada para irrigação em Serra Negra do Norte no período de agosto de 2007 a julho de 2008.

PERÍODO DE COLETA	RISCO DE SALINIDADE E SODICIDADE			
	Ponto 01 (Barragem Conceição)	Ponto 02 (Poço do Riacho Fundo)	Ponto 03 (Barragem Dinamarca)	Ponto 04 (Poço da Conceição)
28/08/07	C1S2	C2S1		
23/09/07	C1S2	C1S2		
16/10/07	C1S2	C2S1		
28/11/07			C1S2	C1S2
26/12/07			C1S2	C1S2
23/01/08			C2S2	C1S2
12/02/08			C1S3	C1S2
26/03/08		C1S3	C1S3	
24/07/08	C1S3	C1S3	C1S2	C1S2

VI. CONCLUSÃO

Dos quatro pontos monitorados em Serra Negra do Norte-RN, durante o período de agosto de 2007 a julho de 2008, pode-se concluir que, com relação à qualidade da água para consumo humano, conforme a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, os parâmetros ferro, alumínio e coliformes termotolerantes não se encontraram em condições adequadas.

No ponto 01 (Barragem Conceição) também apresentou problemas com turbidez. No caso do ponto 02, situado no Poço do Riacho fundo, cor e turbidez mostraram índices acima do permitido. No ponto 03, localizado na Barragem Dinamarca, não atenderam aos valores máximo no que diz respeito à cor, turbidez e manganês. E, por fim, no ponto 04 (Poço da Conceição), indicou problemas com pH. Os demais parâmetros analisados encontraram-se adequados.

Quanto à qualidade da água para irrigação, onde se analisa o risco de sodicidade e salinidade, seus resultados médios em todos os pontos estudados apresentaram baixo risco de salinidade e problemas crescentes de sodicidade.

Contudo, a implantação dessas barragens subterrâneas é uma alternativa eficaz de armazenamento de água em regiões do semi-árido nordestino com condições de solo e clima similares. Deve-se atender a alguns cuidados para que a construção delas possa atingir seus objetivos, sendo, portanto imprescindível o trabalho de educação junto aos seus usuários, a fim de que estes aprendam a utilizar corretamente essa água disponível.

As barragens subterrâneas são mais uma alternativa com capacidade de viabilizar a exploração agrícola em áreas com grandes problemas relacionados com a seca, minimizando os riscos da agricultura dependente de chuvas e, conseqüentemente, proporcionando um aumento significativo da produtividade das culturas e da economia local. Assim, Serra Negra do Norte é um exemplo a ser seguido, porém merecedora ainda de muitos estudos científicos e pesquisas do campo, os quais avaliem a quantidade e qualidade da água e do solo.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS. *Águas Subterrâneas*. Consultado em setembro de 2006 (http://www.abas.org.br/index.php?PG=aguas_subterraneas&SPG=aguas_subterraneas_as).

APHA-AWWA-WEF. *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater*. American Public Health Association . Washington, 1995.

ASSECOM. *Estado assina convênios que beneficiam produtores rurais do Alto Oeste*. Consultado em 19 de agosto de 2006. (http://www.assecom.rn.gov.br/pg_noticias.asp?NOI_id=4055).

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. *A Qualidade da Água na Agricultura*. Campina Grande: FPB, 1991.

BARBOSA, C. M. S. e MOURA, E. M. *A Experiência na Implantação de Barragens Semi-Submersas em Serra Negra do Norte/RN*. Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental – RS, 2006.

BARBOSA, C. M. S., MOURA, E. M., SENA, D. S. de., RIGHETTO, A. M., MATTOS, A. *Problemática Ambiental dos Recursos Hídricos na Região do Seridó do RN*. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste – PE, 2006.

BRIGANTE, J & E. L. G. ESPÍNDOLA. *Liminologia fluvial: Um estudo no rio Mogi-Guaçu*. Editora: Rima, 255 pp. 2003.

BRITO, L. P; TINOCO, J. D.; SILVA, S. A. *Estudo das Potencialidades Hídrica das Bacias Punaú, Maxaranguape e Boa Cica no Rn: Sub-Área Análises de Qualidade das Águas*. FUNPEC. Natal, 2007.

CAMPOS, J. D., NETO, J. R., SAMPAIO, O. B., SONDA C. *Barragem Subterrânea: uma Alternativa de Captação e Barramento de Água da Chuva no*

Semi-Árido. III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 2001.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2007). *Qualidade da água*. São Paulo. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp> > acesso em 2007.

CREMER, M. J.; OLIVEIRA, T. M. N.; SCHLICKMANNIA, A. *et al* (2004). *Projeto canal do linguado estudos da biota marinha e química ambiental da Baía da Babitonga. Relatório Final*. Março de 2004.

CIRILO, J.A., ABREU, G. H. F. G., COSTA, M. R., GOLDEMBERG, D., COSTA, W. D. *Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semi-árido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 8, n. 4. Out/Dez 2003.

CIRILO, J. A., COSTA, W. D. *Barragem Subterrânea: Experiência em Pernambuco*, IX Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina - PE, 1999.

COSTA, W. D., CIRILO, J. A., ABREU, H. F. G. e COSTA, M. R. *O Aparente Insucesso das Barragens Subterrâneas no Estado de Pernambuco*. ABAS/ALSHUD/IAH, 2000. Consultado em 03 de setembro de 2006 (http://www.tce.ba.gov.br/Publicacoes/conteudo/6_sinaop/sinaop/html/paineis/p1/painel1_t4_qualidade_obras.pdf#search=%20%20APARENTE%20INSUCESO%20DAS%20BARRAGENS%20SUBTERRANEAS%20NO%20ESTADO%20DE%20PE%22).

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

DORES, E. F. G. C.; FREIRE, E. M. L. *Contaminação do Ambiente Aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas Usadas para Consumo Humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar*. V.24, n1, p. 27-36. 2001.

DUARTE, M. A. C (1999). *Utilização dos índices do estado trófico (IET) e de qualidade da água (IQA) na caracterização liminológica e sanitária das lagoas de Bonfim, Extremoz e Jiqui-RN*. Campina Grande, PB. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFPB.

DREVER, J.I. (1988). *The Geochemistry of Natural Waters*. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2007). *Condutividade*. Disponível em: <
www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html >acesso em 2007.

FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, V.L.; SANS, L.M.A., GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J.A. *Monitoramento e Avaliação do Risco de Contaminação por pesticidas em água Superficial e Subterrânea na Região de Guairá*. Pesq. Agropec. Bras. V.37 n.5. Brasília, 2002.

FRENKEL, H. *Reassessment of Water Quality Criteria for Irrigation*. I Soil Salinity under Irrigation, Processes and Management. Eds I Shalhevet. Springer-Verlag, Berlin, 1984.

HELFRICH, L.A.; WEIGMANN, D.L.; HIKINS, P; STINSON, E. R. *Pesticides and Aquatic Animals: a Guide to Reducing Impacts on Aquatic Systems*. 1996. Disponível em: www.ext.vt.edu?pubs/waterquality/420-013/420-013.pdf. Acesso em janeiro, 2008.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. *Projeto Áridas*. Consultado em 03 de setembro de 2006 (<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>).

KHAN, S. U.; *Pesticides in the Soil Environment*. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1980. 240p.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A. ; SILVA, M. S.; RIBEIRO, M. L. *Avaliação do Potencial de Contaminação de Águas Subterrâneas por Pesticidas*:

Comparação Entre Métodos de Previsão de Lixiviação. Pesticidas. V15, p. 1-14. Curitiba, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518/ GM, de 25.03.2004. *Normas e padrão de potabilidade de água destinada ao consumo humano*. Brasília, 2004.

MEDEIROS, J.D.F. de & SILVA, D.A. da. *Cadastramento e Avaliação de Barragens Subterrâneas na Região Seridó-RN*. Natal: EMPARN, 1993. 16 p. (EMPARN. Boletim de Pesquisa, 22).

MOURA, E. M., BARBOSA, C. M. S., SENA, D. S., SOUTO, K. K. O., VIEIRA, A. C., ALMEIDA, A. I. B. E BRITO, L. P. *Avaliação da Qualidade da Água de Irrigação em Reservatórios do Seridó do RN*. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste – PE, 2006.

MINISTERIO DA SAUDE. *Portaria nº 717 de 1996*. Consultado em 10 de dezembro de 2006 (http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/portariadaee_717.htm).

NAKAGOME, F. K.; NOLDIN, J. A.; JR. C. R. *Toxicidade Aguda e Análise de Risco de Herbicidas e Inseticidas Utilizados na Lavoura do arroz Irrigado Sobre o Cladóceros Daphnia magna*. Pesticidas. V. 16, p. 93-100, Curitiba, 2006.

OLIVEIRA, M. *Projeto de Elaboração de Implantação de um Sistema de Cooperação para Produção de Alimentos, em Bases Sustentáveis, no município de Serra Negra do Norte/RN, com ênfase na Agricultura Familiar*. MEC/ESAM. 2003.

PIZARRO, F. *Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos*. 2º ed. Madrid: Ed. Agrícola Española, 1985. 541p.

RABELO, J. L. *Simulação de Fluxo Unidimensional em Aquíferos Aluviais com Barragens Submersas*. Consultado em 19 de agosto de 2006. (http://www.biblioteca.ufpb.br/catalogo_96_2000/campus2/eng_civ00.htm).

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. Washington: U.S. Department of Agriculture, USDA. Agriculture Handbook, 60. 1954.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. (1991) *Tratamento de água – tecnologia atualizada*. ed. Edgard Blucher LTDA. São Paulo.

SABIK, H.; JEANNOT, R.; RONDEAU, B. *Multiresidue Methods Using Solid-Phase Extraction Techniques for Monitoring Priority Pesticides, Including Triazines and Degradation Products, in Ground and Surface Waters*. Journal of Chromatography A, V. 885, p. 217-236, 2000.

SANCHES, P. S. *Atualização em Técnicas para o Controle Microbiológico de Águas Minerais*. Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Seminário – Universidade Mackenzie, 1999.

SEUS, L.G.; *Toxicidade Aguda e Crônica em Alevinos de Jundiá (Rhamdia sp.) Submetidos aos Principais Herbicidas Utilizados na Lavoura de Arroz Irrigado no Rs. Pelotas*, 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia de Produção), Universidade Federal de Pelotas.

SILVA, D.A. da; RÊGO NETO, J. *Avaliação de Barragens Subterrâneas para Fins de Exploração Agrícola*. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal. Anais. Fortaleza: ABID, 1992. p.335-361.

SILVA, F.B.R.E.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C. de; BRITO, L.T. de L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. da; SILVA, A.B. da; ARAÚJO FILHO, J.C. de. *Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocio-econômico*. Petrolina: Embrapa-CPATSA/Recife: Embrapa-CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. v.1, il.

SILVA, E. M. M. *Avaliação das Condições Sanitárias do Município de Serra Negra do Norte/RN*. UFRN/PPgES - Dissertação de mestrado. Natal Agosto/2001.

SILVA, M. S. L. da, LOPES, P. R. C., ANJOS, J. B. DOS, SILVA, A. DE S., BRITO, L. T. DE L., PORTO, E. R. *Exploração Agrícola em Barragem Subterrânea*. 1997. Consultado em agosto de 2006. ([http://atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/0/33584f8c1fd7661f832566630007fb1ea/\\$FILE/pab163_96.doc](http://atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/0/33584f8c1fd7661f832566630007fb1ea/$FILE/pab163_96.doc)).

SOMASUNDARAM, L.; COATS, J. R. *Pesticide Transformation Products in the Enviroment*. Washington: American Chemical Society, 1991. p.2-9.

VON SPERLING, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2 1v. DESA.UFMG. 239 p. 1996.

WIKIPEDIA (2007). *Enciclopédia Livre*. Disponível em : <<http://pt.wikipedia.org>> Acesso em: outubro. 2007

WHO (2004). *Guidelines for drinking-water quality Recommendations*.1v. 3 ed: WHO, Geneva.

ZAVATTI, L. M. S.; ABAKERLI, R. B. *Resíduos de Agrotóxicos em Frutos de Tomate*. Pesq. Agropec., V. 34, n3, p. 473-480. Brasília, 1999.