



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA PRELIMINAR DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ÀS MARGENS OESTE DO
CENTRO DA CIDADE DE POMBAL-PB**

DIÊGO LIMA CRISPIM

POMBAL-PB

2013

Diêgo Lima Crispim

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA PRELIMINAR DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ÀS MARGENS OESTE DO
CENTRO DA CIDADE DE POMBAL-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira

POMBAL-PB

2013

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA PRELIMINAR DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ÀS MARGENS OESTE DO CENTRO DA CIDADE DE POMBAL-PB

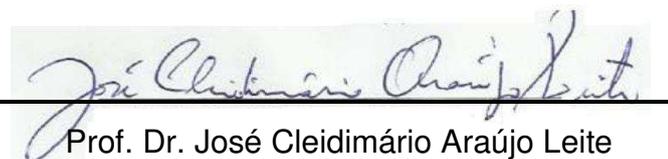
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Aprovado em 11/09/2013

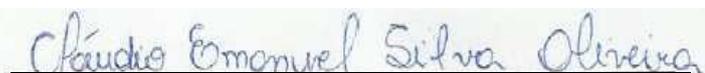
BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª. Dr.ª. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira
Orientadora
(UFCG – Campus Pombal)



Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite
Examinador Interno
(UFCG – Campus Pombal)



Prof. Msc. Cláudio Emanuel Silva Oliveira
Examinador Externo
(ASCES – Caruaru)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e presença constante em minha vida;

À Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, pela oportunidade para realização do curso;

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira, por todos os ensinamentos, paciência e profissionalismo no transcorrer das atividades;

Aos professores Dr. José Cleidimário e Msc. Cláudio Emanuel pelas contribuições acadêmicas e participação na banca examinadora;

À Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, nas pessoas de Camilo Allyson Simões de Farias e Everton, pela eficiência, atenção e amizade extensivas a todos os alunos;

Aos Professores da Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental - UACTA, CCTA, UFCG - Campus de Pombal pelos ensinamentos;

Aos meus pais, Osvaldo Crispim Dias e Maria Vanda Lima Crispim e meus irmãos, pela paciência, compreensão, pelo amor, companheirismo, incentivo;

Ao técnico do Laboratório de Análises da Água - LAAg, Luiz Fernando de Oliveira Coelho pelos esclarecimentos nos momentos de dúvidas e ensinamentos;

Aos técnicos administrativos e funcionários terceirizados do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar;

A todos meus colegas da UFCG e do curso de Engenharia Ambiental pelo convívio e amizade durante todo esse tempo, em especial Alan Del Carlos Gomes Chaves, Gillianno Fontes de Oliveira, José Vieira de Sousa e Ricardo Ricelli Pereira de Almeida;

Ao Diretório Central de Estudantes – DCE da UFCG pelas amizades construídas;

A todos que contribuíram de forma direta e indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui, muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Formas de poluição das águas subterrâneas	21
Figura 02: Vazamento de fossa séptica.....	21
Figura 03: Contaminação da água subterrânea por atividades agrícola.....	22
Figura 04: Localização do município de Pombal-PB	22
Figura 05: Localização da área de estudo	37
Figura 06: Resíduos sólidos sobre a laje de vedação do Poço 01	42
Figura 07: Recuperação da área de entorno do Poço 01	43
Figura 08: Tubulação de esgoto sanitário na galeria de água pluvial.	43
Figura 09: Lançamento de resíduos sólidos nas galerias de água pluvial.	44
Figura 10: Cobertura do Poço 02.....	44
Figura 11: Mostra o Poço da Praça do Centenário	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação, conforme Ayres e Westcot (1999)	35
Tabela 02: Parâmetros Físicos – Químicos e metodologia	39
Tabela 03: Parâmetros com maior ocorrência em águas subterrâneas	40
Tabela 04: Padrão organoléptico de potabilidade	40
Tabela 05: Valores médios dos parâmetros físico-químicos do Poço 03	45
Tabela 06: Classificação das águas por STD	46
Tabela 07: Qualidade das águas subterrâneas dos poços 1, 2 e 3	47

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

CI - Cloretos

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAAg - Laboratório de Análises da Água

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MS - Ministério da Saúde

NMP - Número Mais Provável

OMS - Organização Mundial da Saúde

pH - Potencial Hidrogeniônico

STD - Sólidos Totais Dissolvidos

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE SIGLAS	vi
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1.0 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 A importância da água	16
2.2 Problemática ambiental da água.....	17
2.3 Águas Subterrâneas	18
2.3.1 Tipos de poços para captação da água subterrânea	19
2.3.2 Poluição das águas subterrâneas.....	20
2.4 Águas subterrâneas em Pombal.....	22
2.4.1 Localização do Município de Pombal - PB.....	22
2.4.2 Aspectos Fisiográficos	23
2.5 Características físicas e químicas das águas	24
2.6 Aspectos legais dos padrões de potabilidade	27
2.7 Qualidade das Águas para Consumo Humano	28
2.8 Qualidade de Água para Irrigação	30
3.0 METODOLOGIA	37
3.1 Área de estudo.....	37
3.2 Coletas de amostras de água.....	38

3.3 Metodologias Analíticas	38
3.4 Análises das Águas	39
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Inspeção na área de entorno dos poços	41
4.2 Caracterização das águas coletadas	45
6.0 REFERÊNCIAS	53

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO–QUÍMICA PRELIMINAR DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS ÀS MARGENS OESTE DO CENTRO DA CIDADE DE POMBAL–
PB

RESUMO

A escassez de água potável é uma realidade em diversas regiões do mundo e, em muitos casos, fruto da utilização predatória dos recursos hídricos e da intensificação das atividades de caráter poluidor. O estudo foi desenvolvido na parte oeste do centro da cidade de Pombal-PB. Para a realização das análises foram utilizados 03 poços amazonas, onde o critério estabelecido para a escolha desses poços foi à questão da acessibilidade, pois, os responsáveis não fizeram nenhum tipo de restrição para o desenvolvimento da pesquisa. Os 03 (três) poços analisados para caracterização físico–química preliminares das águas subterrâneas às margens oeste do centro da cidade de Pombal-PB são do tipo amazonas. A vazão desse tipo de poço não é considerada elevada devido a sua baixa profundidade. No Poço 01 verificou-se que havia disposição de resíduos orgânicos e inorgânicos na laje do mesmo, contribuindo para proliferação de vetores, problemas estéticos, odores desagradáveis comprometendo a qualidade da água. No ponto de vista ambiental, os resíduos sólidos podem causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, devido à percolação do chorume, que é um líquido de cor preta altamente poluente, formado da degradação da matéria orgânica não controlada. Conclui-se que, de modo geral, as águas dos poços amazonas, apresentaram resultados próximos e compatíveis com pesquisas realizadas na área da bacia do Piancó, cidades do sertão nordestino e sub-bacia da região do alto curso do Rio Paraíba, se enquadrando dentro dos parâmetros máximos permissíveis de acordo com a Portaria M.S. Nº 2.914 de 12/12/2011.

Palavras chave: Recursos hídricos, Qualidade da água, Poços amazonas.

PHYSICAL CHEMISTRY PRELIMINARY CHARACTERIZATION OF GROUNDWATER TO WEST MARGIN OF CENTER CITY LOFT-PB

ABSTRACT

The drinking water scarcity is a reality in many regions of the world and, in many cases, due to the predatory use of water resources and the intensification of character polluter. The study was developed in the western part of the city center of Pombal-PB. For the analyzes we used 03 hand-dug wells, where the criteria established for the selection of these wells was the issue of accessibility, because those responsible have not received any restriction to the development of research. The three (03) wells analyzed for physico-chemical characterization of groundwater preliminary shores west of the city center of Pombal-PB are the type Amazons. The flow of this type of well is not considered high due to its shallowness. In the pit 01 was found to provision of the organic and inorganic residues from the same slab, contributing to the proliferation of vectors aesthetic problems, as well as unpleasant odors. In environmental terms, the solid waste can cause pollution of surface and groundwater due to seepage of leachate, which is a liquid color black highly pollutant, formed from organic matter degradation uncontrolled. We conclude that, in general, the waters of the dug wells, and showed similar results consistent with studies in the area of the basin Piancó, cities in the northeastern hinterland and sub-basin of the upper course of the River Paraíba, if fitting in. parameters of the maximum allowable according to Ordinance No. 2,914 of MS 12/12/2011.

Keywords: Water resources, Water Quality, Well Amazons.

Capítulo 1

Introdução

1.0 INTRODUÇÃO

A escassez de água potável é uma realidade em diversas regiões do mundo e, em muitos casos, fruto da utilização predatória dos recursos hídricos e da intensificação das atividades de caráter poluidor. Isso tem impulsionado a ocorrência de problemas relacionados à falta desse recurso, em condições adequadas de quantidade e qualidade até para o atendimento das necessidades mais elementares das populações. Frente a isso tudo, atualmente, há um aumento significativo do consumo das águas subterrâneas, sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. Além do mais, o maior interesse pelo uso da água subterrânea decorre do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias que promoveram uma melhoria na produtividade dos poços e aumento da vida útil de exploração desses recursos (BRASIL, 2007).

Cerca de 61% da população brasileira é abastecida com águas subterrâneas para fins domésticos, sendo 6% por poços rasos, 12% por fontes e 43% por poços profundos. Em torno de 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, (ANA, 2005).

Embora o uso do manancial subterrâneo seja complementar ao superficial em muitas regiões, em outras áreas do país, a água subterrânea representa o principal manancial hídrico (ANA, 2005). Ela desempenha importante papel no desenvolvimento socioeconômico do país. Para exemplificar, no Estado de São Paulo, dos 645 municípios, 462 (71,6%) são abastecidos total ou parcialmente com águas subterrâneas, sendo que 308 (47,7%) são municípios totalmente abastecidos por este recurso hídrico. No Estado, cerca de 5.500.000 pessoas são abastecidas diariamente por águas subterrâneas (SILVA *et al.*, 1998). Segundo a Agência Nacional de Águas (2005), em vários Estados, muitas cidades são abastecidas total ou parcialmente por água do subsolo, como ocorre em 80% das cidades do Piauí, 70% no Maranhão e Rio Grande do Norte, com destaque para Natal e Mossoró, além de Recife, Manaus, Belém e Fortaleza.

Além disso, em vários locais do nordeste brasileiro, onde as águas de superfície podem desaparecer no período da estação seca, a água subterrânea

retirada de fraturas e falhas de rochas compactas tem sido a única fonte de suprimento de pequenos núcleos populacionais.

De acordo com Almeida (2007), o aumento da utilização de água de poços como fonte alternativa para consumo humano e outras diversas finalidades, tem despertado a atenção para a qualidade destas fontes de abastecimento. As águas subterrâneas têm sido sujeitas aos vários tipos de poluição. Nos ambientes urbanos, os mananciais do aquífero freático são afetados e têm sua qualidade prejudicada em detrimento do aumento da atividade industrial, efluentes sanitários e domésticos, concentração de postos de gasolinas, oficinas mecânicas, presença de cemitérios, hospitais, galerias de drenagem pluvial e depósitos inadequados de lixo.

De acordo com Medeiros (2010), o semiárido brasileiro é um dos maiores e mais populosos do mundo, sendo ecologicamente uma área intensamente devastada devido ao tipo de exploração econômica que moldou uma luta secular, através do enfrentamento da natureza, na tentativa de sobrevivência. O clima é seu elemento mais marcante, com um regime pluviométrico em média de 500 mm/ano, em duas estações bem distintas, uma com chuvas distribuídas temporalmente em 3 a 5 meses, no primeiro semestre do ano chamada inverno, e outra seca que dura de 7 a 9 meses, podendo alongar-se, caracterizando-se uma seca. Devido à grande incidência da insolação a região semiárida do Nordeste possui um dos maiores índices de evaporação do Brasil, alcançando índices ao redor de 2200 mm/ano (ROCHA & KURTZ, 2001). Assim, torna-se difícil a oferta da água no âmbito do semiárido em que pese ser este recurso cada vez mais utilizado como estratégia em projeto de desenvolvimento, administração de conflitos e proteção do meio ambiente.

Essas informações justificam o surgimento de bacias hidrográficas como unidade ecológica definida em lei, sendo um espaço para planejamento e condução dos recursos naturais no Brasil (MEDEIROS, 2010). A gestão dessas bacias estabelece um equilíbrio entre as demandas hídricas para o consumo humano e animal e a irrigação. Dentre os fatores explorados no manejo de bacias hidrográficas o mais nobre é a determinação de que todos terão igual direito aos recursos hídricos com prioridade para o abastecimento de água para consumo doméstico (ROCHA & KURTZ 2001).

Como todas as cidades em desenvolvimento, Pombal-PB apresenta um quadro de riscos das suas fontes hídricas subterrâneas. Além disso, ainda não existe acervo bibliográfico que trata da quantidade exata de poços existentes na região, daí a necessidade de pesquisas nesse tema.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma caracterização físico-química das águas subterrâneas às margens oeste do centro da cidade de Pombal- PB de uma forma preliminar.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i) Analisar a qualidade da água quanto aos parâmetros físico-químicos para consumo humano e irrigação;
- ii) Verificar e descrever possíveis fontes de poluição pontuais e difusas;
- iii) Estudar e identificar a viabilidade, aproveitamento e uso das fontes hídricas subterrâneas existentes;

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da água

A água é um elemento indispensável a todos os seres vivos e essenciais à preservação da vida no planeta terra. Entre todos os elementos que compõem o universo, a água é aquele que melhor simboliza a essência do homem, constituindo-se num elemento essencial à vida (MAGALHÃES, 2004).

A água é considerada um direito básico do ser humano, porém, este bem essencial tornou-se, nos últimos anos, uma das maiores preocupações globais, em função de sua escassez e qualidade (NETO *et al.*, 2008).

O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos no planeta.

O problema de suprimento de água no Brasil está relacionado a uma distribuição inadequada espacial e temporal, onde a região Norte apresenta grande oferta desse recurso e baixa concentração populacional, por outro lado, o Nordeste que apresenta uma maior concentração de pessoas, possui restrições hídricas (ALVES *et al.*, 2012).

De acordo com Organização Mundial da Saúde (1993), prevê que nos próximos 50 anos os níveis atuais de uso de água potável não poderão ser mantidos. Esta situação tem se agravado cada dia mais devido à mão nociva do homem, conseqüente do desenvolvimento desordenado, contribuindo para contaminar as fontes e os mananciais de água doce, com despejo de efluentes industriais e também dejetos de diversas origens, tais como: esgotos, lixo doméstico, material fecal, etc.

Hoje cerca de três bilhões de pessoas não têm acesso à rede de esgotos e mais de cinco mil crianças morrem todos os dias em decorrência de doenças provocadas, direta ou indiretamente, por água contaminada (MELO *et al.*, 2000).

2.2 Problemática ambiental da água

Segundo Farias (2006), durante séculos, a humanidade considerou a água como um recurso inesgotável, e a utilizou de forma predatória e insustentável. No século XX, o uso inadequado foi aumentado com a aceleração do crescimento populacional, o intenso uso pelos diversos ramos de atividades, dentre eles doméstica, agrícola e industrial. Estes fatores levaram a constatação de que a água tornou-se um bem cada vez mais escasso, necessitando de um uso racional e equilibrado, de modo a garantir a sua conservação e sustentabilidade. De fato, a escassez de água tem sido uma preocupação em escala global, pois o crescimento explosivo da população humana demanda um crescimento por água duas vezes mais rápido. Entretanto, a crise, de alguma forma, é um problema de gerenciamento, um caso de alocação e de distribuição, e não simples problema de suprimento (VILLIERS, 2002).

Segundo Maia (2002), a escassez ocorre, principalmente, pela deterioração da qualidade da água, que inviabiliza a utilização de importantes mananciais e ocasiona uma demanda superior à oferta. Neste sentido, a água, por constituir-se num bem de primeira necessidade, essencial à vida tanto em sua dimensão individual quanto coletiva, e por ser um recurso escasso e finito, agravado pelo uso predatório e desigual, coloca para as atuais gerações a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação (PONTES & SCHRAMM, 2004).

Entretanto, de acordo com Farias (2006), em nível global, não há propriamente uma escassez hídrica, mas uma distribuição despropositada espacial e temporal, que somada à distribuição irregular da população humana na terra, faz com que algumas regiões sofram permanentemente com a falta desse recurso. Cita-se, como exemplo, o Brasil que possui a maior disponibilidade hídrica do mundo, 13,8% do escoamento médio mundial, tendo em território nacional a produção hídrica de $182.170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Porém, a sua distribuição ocorre de forma irregular entre as regiões. No Norte estão concentrados aproximadamente 70% da água disponível para uso, onde habita apenas 7% da população nacional; enquanto os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país, para atender a 93% da população.

A região Nordeste, onde vive cerca de 28% da população brasileira, dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos nacionais (GALINDO, 2004).

Contudo, apesar de ser abundante no planeta, a água possui uma disponibilidade pequena para uso humano. Ressalta-se que a maior parte da água disponível no planeta (97,5%) é salgada, sendo, portanto, inadequada para uso sem um tratamento, geralmente inviável economicamente. Assim, a água doce corresponde a pouco mais de 2,5% do volume total desse recurso, e apenas uma pequena parcela (0,27%) se apresenta sob forma facilmente utilizável pelo homem em rios e lagos (MAGALHÃES, 2004).

2.3 Águas Subterrâneas

Segundo Freitas (2010), as águas subterrâneas são atualmente a fonte de abastecimento de água preferida para o consumo humano em algumas cidades, como exemplo, Recife-PE, Mossoró-RN, etc. Atualmente é uma alternativa economicamente viável para abastecimento humano, pois geralmente possui alta qualidade, ocorre em extensas áreas e são menos susceptíveis à poluição quando comparada aos cursos d'água superficiais, não necessitando em algumas circunstâncias de sofisticados tratamentos.

O Brasil é rico em lençóis freáticos e, por isso, tem crescido muito a perfuração de poços artesianos. Segundo o IBGE (2000) apud MMA (2007), 55% dos distritos brasileiros são abastecidos por águas subterrâneas, captadas de poços tubulares e de afloramentos naturais. Para se ter uma ideia, na Região Metropolitana de São Paulo, a água subterrânea é utilizada em hospitais, indústrias e hotéis. Estima-se um número próximo de 11.000 poços em operação (MARTINS NETTO *et al.*, 2004). Na Região Metropolitana de Recife, estima-se a existência de 4.000 poços, abastecendo cerca de 60% da população (COSTA, 2000). As águas subterrâneas têm um importante valor para o Nordeste, porque é por meio delas que o homem nordestino supera suas necessidades hídricas em tempos de longos períodos de estiagem.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2005), a água subterrânea é ainda responsável pelo turismo pelas águas termais, em cidades como Caldas

Novas em Goiás, Araxá, São Lourenço e Poços de Caldas, em Minas Gerais. A água mineral atualmente é amplamente usada pelas populações dos centros urbanos pela sua imagem de garantia de qualidade. Estes são alguns exemplos da importante participação da água subterrânea nos diversos usos.

Freitas (2010), enfatiza que fica evidenciado que a quantidade de água subterrânea existente não é inesgotável, mas quantificá-la seria de certa forma impossível. A utilização racional desta água é imprescindível, para que a população que faz uso da mesma tenha acesso a uma água de qualidade.

É evidente que nas últimas décadas a utilização de água subterrânea para o consumo humano aumentou significativamente em comparação à água superficial, e isso tem afetado gravemente a disponibilidade deste recurso para o futuro, principalmente pela sua utilização desastrosa (MELO *et al.*, 2000).

Devido às águas subterrâneas serem utilizadas principalmente para o consumo humano e para a agricultura, percebe-se a grande importância deste recurso para a vida humana, daí a necessidade de uma gestão planejada e sustentável do seu uso (MILLON, 2004).

2.3.1 Tipos de poços para captação da água subterrânea

De acordo com Guimarães (2007), os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum e o tubular.

O poço raso, popularmente chamado de cacimba, cacimbão, caipira ou poço amazonas é um poço construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas (tubulões), com diâmetro da ordem de um a quatro metros por cinco a vinte metros de profundidade, ou profundidade média, a depender da profundidade do lençol freático (GUIMARÃES, 2007).

Segundo a CPRM (1998), o poço tubular, também conhecido como poço artesiano e semiartesiano, é aquele onde a perfuração é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e rotopneumáticas. Possui alguns centímetros de abertura (no máximo 50 cm), revestido com tubulações de ferro ou de plástico, pode ter profundidade de 100 a 1.500 metros, e não requer bombas, porque a água jorra.

O poço semiartesiano tem uma profundidade média de 60 metros, entretanto, a pressão da água não é suficiente para a sua subida à superfície, necessitando de instalação de equipamento no interior do poço para efetuar o bombeamento da água (CPRM, 1998).

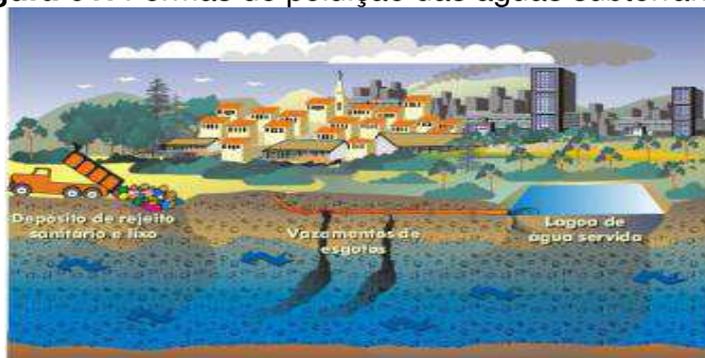
2.3.2 Poluição das águas subterrâneas

A degradação e a poluição das águas subterrâneas são conseqüentes das atividades antrópicas. Apesar de serem as águas quantitativamente renováveis, qualitativamente não são, ou seja, o uso deprecia-as.

O problema da poluição da água subterrânea é que não é tão perceptível (como nas águas superficiais) e também os efeitos são deslocados no tempo e da mesma forma no espaço, além de atenuados.

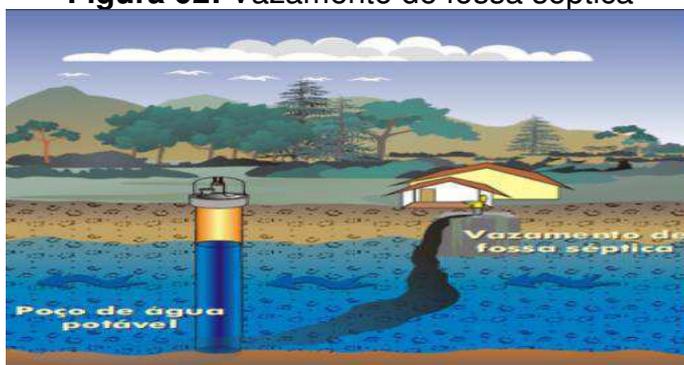
Segundo Bueno *et al.*, (2007), as principais causas de contaminação da água proveniente de poços são o aporte direto de impurezas pela da abertura superior do poço, contaminação no momento da retirada de água com auxílio de cordas e/ou baldes, via escoamento superficial, infiltração de águas de enxurradas de regiões próximas ao poço e atingindo-o pela permeabilidade de suas paredes, contaminação do lençol freático por foco de contaminação como, por exemplo, fossa negra ou poço absorvente e depósitos de resíduos sólidos no solo proveniente das atividades industriais, comerciais ou domésticas, em depósitos a céu aberto, conhecidos como lixões. Na Figura 01 apresentam-se alguns tipos dessa poluição em águas subterrâneas. É possível observar na Figura 01, como os depósitos de rejeito sanitário e lixo, vazamentos de esgotos e lagoa da água servida contribuem para os processos contaminantes dessas águas, assim como a Figura 02 mostra-se a contaminação por fossa séptica, devido a proximidade com o poço.

Figura 01: Formas de poluição das águas subterrâneas



Fonte: TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD E TAIOLI, 2000.

Figura 02: Vazamento de fossa séptica

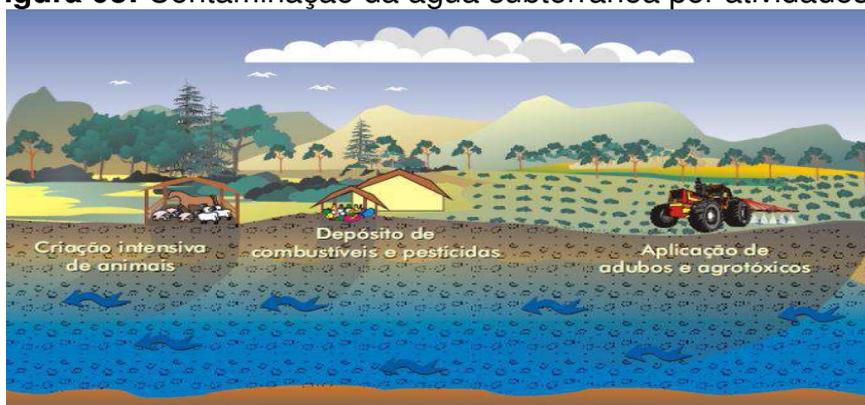


Fonte: TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD E TAIOLI, 2000.

Segundo Freitas (2010), o elevado crescimento da população vem colaborando para uma ocupação inadequada de uma área que não considera sua vulnerabilidade, ou seja, a capacidade do solo em degradar as substâncias tóxicas introduzidas no ambiente, principalmente na zona de recarga dos aquíferos, contribuindo para o aumento de contaminantes, que por muitas vezes são depositados indevidamente nos solos, o que, em muitos casos, deprecia a qualidade desses mananciais.

É importante mencionar que atividades agrícolas podem colaborar para contaminação das águas subterrâneas, como pode ser observado na Figura 03. Os fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura podem contaminar as águas subterrâneas com substâncias como compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados.

Figura 03: Contaminação da água subterrânea por atividades agrícola



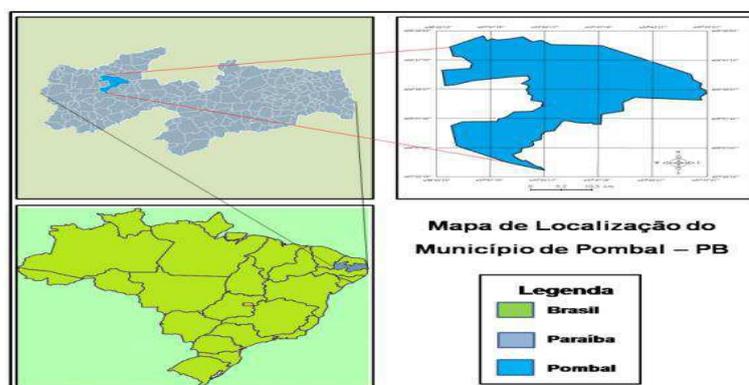
Fonte: TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD E TAIOLI, 2000.

2.4 Águas subterrâneas em Pombal

2.4.1 Localização do Município de Pombal - PB

O município de Pombal situa-se na região oeste do Estado da Paraíba, Meso-região do Sertão Paraibano e Micro-região de Sousa, situado na região Nordeste do Brasil, como apresenta a Figura 04. Limita-se ao norte com os municípios de Santa Cruz, Lagoa e Paulista, ao leste, com Condado, ao sul, com São Domingos de Pombal, Cajazeirinhas, Coremas, e São José da Lagoa Tapada e oeste, com São Aparecida e São Francisco. Segundo o IBGE (2010), a população em 2010 era estimada em 32.443 habitantes. O município é um dos mais antigos do estado da Paraíba, e o segundo maior em extensão territorial possuindo 889 km².

Figura 04: Localização do município de Pombal-PB



Fonte: Sousa, 2012

2.4.2 Aspectos Fisiográficos

O município de Pombal-PB está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino. A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia.

O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 800 mm.

Os tipos de solos predominantes são Planossolos, Brunos não cálcio, Litólicos e Podzólicos (CPRM, 2005).

2.4.3 Poços cadastrados no Município de Pombal-PB

Segundo a CPRM (2005), foi realizado um relatório sobre o município de Pombal-PB, onde há registros da existência de 100 pontos d'água, sendo 01 indefinido, 03 fontes naturais, 08 poços amazonas, 35 poços escavados e 53 poços tubulares sendo 09 pontos d'água em terrenos públicos, 90 em terrenos particulares e 01 ponto não teve a propriedade definida.

O relatório ainda apresenta dados quanto ao tipo de abastecimento a que se destina a água, sendo que os pontos cadastrados foram classificados em: comunitários, quando atendem a várias famílias e, particulares, quando atendem apenas ao seu proprietário. Dos 100 pontos d'água, 31 destinam-se ao atendimento comunitário, 45 ao atendimento particular e 24 pontos não tiveram a finalidade do abastecimento definida. Em relação ao uso da água, 29,61% dos pontos cadastrados são destinados ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber); 26,21% são utilizados para o uso doméstico secundário (água de consumo humano para uso geral); 13,11% para agricultura; 29,61% para dessedentação de animal e 49% para outros usos.

Quatro situações distintas foram identificadas na data da visita de campo: poços em operação, paralisados, não instalados e abandonados. Os poços em operação são aqueles que funcionavam normalmente. Os paralisados estavam sem funcionar temporariamente, devido a problemas relacionados à manutenção ou

quebra de equipamentos. Os não instalados representam aqueles poços que foram perfurados que tiveram um resultado positivo, mas não foram ainda equipados com sistemas de bombeamento e distribuição. E por fim, os abandonados, que incluem poços secos e poços obstruídos, representam os poços que não apresentam possibilidade de produção.

2.5 Características físicas e químicas das águas

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas e químicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

Os principais parâmetros físico-químicos são:

- Cor: a cor é responsável pela coloração na água e representa os sólidos dissolvidos. Pode ou não representar toxicidade, dependendo da origem.
- Turbidez: a turbidez está relacionada à presença de materiais em suspensão, tais como: argila, silte, material orgânico e inorgânico finamente dividido, compostos orgânicos coloridos e solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos. Sua relevância é maior no âmbito do abastecimento de água, por razões relacionadas a processos de tratamento especialmente filtração e desinfecção e por razões estéticas.
- Temperatura: a temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. As variações que se verificam no ar e na água constituem importantes fatores das reações energéticas e ecológicas aplicados aos recursos hídricos. A temperatura da água exerce influência direta sobre vários tipos de organismos aquáticos e sobre o teor de gases dissolvidos na água, principalmente o oxigênio e o gás carbônico.

- Sólidos totais dissolvidos: é a soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água e consistem principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos.
- pH: o Potencial Hidrogeniônico (pH) indica a intensidade de acidez ou de alcalinidade. O pH das águas subterrâneas podem ser influenciadas por diferentes fatores, como a geologia da região, onde o lençol freático está localizado, e/ou por possíveis fontes de poluição, como despejo de efluentes domésticos e sanitário ou ainda a disposição inadequada dos resíduos sólidos. Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. As condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados além de exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais denotam vários graus de acidez ou alcalinidade. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade. Para o consumo humano é recomendável a faixa entre 6 a 9,5, segundo a Portaria do Ministério da Saúde N°. 2.914, de 12 de dezembro de 2011.
- Condutividade Elétrica (CE): a condutividade elétrica de uma solução é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica, principalmente pelo conteúdo de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto. Dependendo da concentração iônica e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.
- Alcalinidade: a alcalinidade da água é sua capacidade de neutralização de um ácido, sendo que a alcalinidade não significa necessariamente que o pH do meio deve ser superior a 7. A água subterrânea com pH abaixo de 7 pode conter alguns sais que neutralizam ácidos e, portanto, ter alguma alcalinidade mensurável. De acordo com Moraes (2008), valores elevados de alcalinidade

estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de microorganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO₂) na água.

- Dureza total: Dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento doméstico sendo que do ponto de vista da potabilização são admitidos valores moderadamente altos, pois refere-se à concentração total de íons alcalino-terrosos na água, particularmente de cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalino-terrosos encontrados em águas naturais. Tal característica imprime à água a dificuldade em dissolver (fazer espuma) pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre, bário, etc. Pode ser classificada em: 1) Temporária: chamada de dureza de carbonatos, que é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, e resiste aos sabões e provoca incrustações. A designação temporária é devido os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis, os quais precipitam; 2) Permanente: chamada de dureza de não carbonatos, é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio. Esta também resiste à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água, não se decompondo sob ação do calor. Por sua vez, quando enquadrada na classe de água dura, esta apresenta restrições de uso industrial (abastecimento de geradores de vapor, por exemplo) e atribuem-se um efeito laxativo e sabor desagradável (VON SPERLING, 1996). No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde N°. 2.914, de 12 de dezembro de 2011, estabelece o limite máximo de 500mg CaCO₃/l para que a água seja admitida como potável.
- Cloretos: o cloreto é o ânion Cl⁻ que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, exceto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. A concentração de cloreto em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água. Concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados. Para

as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade segundo a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011. O cloreto provoca sabor "salgado" na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mg/L.

2.6 Aspectos legais dos padrões de potabilidade

Os instrumentos legais e normativos bem fundamentados servem para orientar a sociedade quanto aos seus deveres e direitos no que se refere ao uso e à proteção das águas subterrâneas. Os padrões de potabilidade da água, seja ela superficial ou subterrânea, devem seguir leis, decretos e/ou recomendações de órgãos competentes, tais como:

- Poder Público, em todas suas esferas;
- Órgãos internacionais: Organização Mundial da Saúde (OMS);
- Instituição técnica: ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, entre outros.

Segundo Linhares (2009), o controle da qualidade da água é uma atividade de caráter dinâmico, e deve ser exercido tanto no meio urbano como no meio rural, aplicando-se onde se desenvolvam todas as atividades humanas. Manter a qualidade da água se tornou uma medida de grande necessidade, particularmente para a garantia da saúde da população, sem deixar de lembrar os prejuízos econômicos que podem advir da qualidade inadequada da água para consumo; portanto há necessidade dos órgãos competentes em estabelecer padrões de potabilidade aceitáveis para as impurezas contidas na água de acordo com o fim que as mesmas se destinam.

Para a interpretação dos parâmetros físicos, químicos, biológicos e radiológicos consideram-se os limites expostos das seguintes normas:

- Resolução CONAMA N°. 396, de 03 de Abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas

subterrâneas e dá outras providências. No Paragrafo V do Art. 2º da Resolução supracitada menciona-se que a qualificação das águas subterrâneas ocorre em função de padrões de qualidade que possibilite o seu enquadramento.

- Padrões da Portaria do Ministério da Saúde de N°. 2.914, de 12 de dezembro de 2011, onde no seu Art. 4º., cita-se que toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

No Brasil, o tema águas subterrâneas, sob a ótica legal, não é de fácil abordagem haja vista o ordenamento jurídico que é especial uma vez que a Constituição Federal de 1988 determina o domínio das águas subterrâneas pertencente aos Estados. No entanto, apenas um pequeno número deles, dispõe de leis específicas sobre proteção de águas subterrâneas. Outro pequeno conjunto, de apenas cinco, aborda a proteção das águas subterrâneas no contexto das suas políticas estaduais de recursos hídricos. Um terceiro conjunto de estados não faz sequer referência à proteção das águas subterrâneas e os demais preveem medidas gerais de proteção.

2.7 Qualidade das Águas para Consumo Humano

No Brasil, os portugueses observaram o hábito da população indígena de consumir águas limpas. Em 1648, William Pies, médico da corte Nassau, escrevera a respeito das águas do Brasil: *“os velhos naturais não menos solertes em distinguir pelo gosto as diferenças das águas, que os nossos em discernir as várias qualidades dos vinhos, acusam de imprudência os que colhem água sem nenhum modo as discriminar. Quanto a eles, buscam as mais tênues e doces, que não deixam nenhum depósito e as conservam ao ar livre em lugares elevados, por dias e noites, em bilhas de barro, onde não obstantemente os raios a prumo do sol as tornam num momento mui frescas”*.

Talvez seja esta a recomendação mais antiga de critérios sanitários da água no Brasil (BRANCO, 1986).

A poluição orgânica das águas superficiais aumenta a concentração de carboidratos, lipídios e proteínas nos corpos receptores. Esses compostos orgânicos, ao serem degradados pelos organismos decompositores, principalmente bactérias e fungos, liberam ácidos fracos e sais minerais, entre os quais há compostos de nitrogênio e fósforo. A biodegradação aeróbia da matéria orgânica pode gerar elevada demanda de oxigênio (DBO), reduzindo a sua concentração no corpo aquático.

Quando o consumo do oxigênio é alto, a reaeração atmosférica e a atividade fotossintética podem ser insuficientes para repor o oxigênio dissolvido na massa d'água, predominando condições anaeróbias e, em consequência, desaparecem os organismos aeróbios surgindo, em seu lugar, uma biota anaeróbia, que não oxida completamente a matéria orgânica e cujos produtos se acumulam no fundo e, pela continuação do processo de decomposição anaeróbia, ocorre despreendimento de gases com odores desagradáveis (H_2S , mercaptanas, entre outros) que tornam essa água imprestável ao abastecimento e à irrigação (BRANCO, 1986).

Os micro-organismos patogênicos são descarregados na água de forma intermitente e em pequenos números. Seu isolamento, identificação e quantificação são complexos, exigindo pessoal especializado, altos custos e tempo prolongado (em média seis dias) para se chegar ao resultado final. Evidencia-se, deste modo, que até sua detecção a população já terá consumido a água e os alimentos contaminados.

Para avaliar a qualidade microbiológica de uma água ou qualidade sanitária, foram definidas bactérias indicadoras de contaminação fecal destacando-se, entre elas, os coliformes e, em particular, os fecais ou termotolerantes e os estreptococos fecais como adjuvantes, para discernir a contaminação fecal se coliformes estiverem ausentes ou intermitentes (CEBALLOS, 2001).

A Portaria do Ministério da Saúde de N°. 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que disciplina a qualidade de potabilidade da água para consumo humano preconiza no IV do Art. 7 diretrizes da vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem implementadas pelos Estados, Distrito Federal e Municípios, respeitados os princípios do SUS.

Na literatura existem diversas metodologias de classificação da dureza das águas. Neste trabalho utilizou-se a recomendada por Logan Custódio & Llamas (1983), citados por Santos (1997), que as classificam como brandas: $DT < 50$; intermediárias: $50 < DT < 100$; duras: $100 < DT < 200$ e muito duras: $DT > 200$ mg L^{-1} de CaCO_3 .

2.8 Qualidade de Água para Irrigação

Toda água superficial ou subterrânea contém certo teor de sais em solução, mas em regiões áridas e semiáridas, essa concentração é em geral maior, devido aos períodos secos, que favorecem a evaporação da água e em contrapartida, concentrações de sais nas águas remanescentes dos reservatórios, causando grandes problemas de salinização e sodificação do solo, quando utilizadas para irrigação. A orientação mais comum consiste em se determinar-se a qualidade da água de irrigação, classificando-a de acordo com a concentração e a composição desses sais presentes (DAKER, 1970).

A adequabilidade da água de irrigação não depende unicamente do teor total de sais, mas também do tipo de sal. Na medida em que o conteúdo de sais aumenta os problemas do solo e das culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, quando se deseja manter rendimentos aceitáveis. A qualidade da água quanto a sua adaptabilidade à irrigação é determinada pela gravidade dos problemas que poderão surgir após seu uso, em longo prazo (AYERS e WESTCOT, 1999). A água utilizada na irrigação é responsável pela salinização secundária dos solos e nas áreas irrigadas adjacentes apresentando, na maioria das vezes, uma composição química constituída de sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio na forma de cloretos, sulfatos, carbonos e bicarbonatos, em diferentes proporções, dependendo da fonte de água, de sua localização e da época de coleta, dentre outros fatores (RICHARDS, 1954; MEDEIROS, 1992).

Segundo Medeiros (2010), as águas de irrigação devem ser avaliadas em especial sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da qualidade agrônômica. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas, uma vez

que salinidade excessiva reduz o desenvolvimento das plantas, em virtude do aumento de energia que elas precisam despende para ajustamento bioquímico necessário a fim de absorver água do solo em condições de estresse. A sodicidade, referente ao efeito relativo do sódio da água de irrigação, tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), provocando problemas de infiltração da água no solo. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos íons sobre as plantas, sobretudo o cloreto, o sódio e o boro, afetando seu rendimento, independente do efeito osmótico da salinidade (SOARES, 2001).

Com vista à avaliação da qualidade de água para irrigação, utilizam-se alguns parâmetros básicos, como: acidez (pH), condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl), sulfato (SO₄), carbonato (CO₃), bicarbonato (HCO₃), boro (B), total de sólidos dissolvidos (TSD), relação de adsorção de sódio (RAS) e porcentagem de sódio trocável (PST). No caso de irrigação localizada faz-se imprescindível a inclusão de mais alguns parâmetros, prevenindo-se quanto a possíveis obstruções de emissores; entre as diversas proposições para classificação da água de irrigação, tem-se: RICHARDS (1954) e AYERS & WESTCOT (1999) como as mais citadas.

Para salinização de um solo, além da intemperização das rochas e liberação dos sais, é necessário que haja o transporte para outros locais em que se concentram até níveis prejudiciais (MEDEIROS, 2010). O principal agente responsável pela remoção, transporte e acúmulo de sais, é a própria água, a exemplo, uma lâmina de 100 cm de água, com CE de 0,75 dS m⁻¹ leva ao solo cerca de 4,8 t ha⁻¹ de sais (RHOADES et al, 1990).

O conceito de qualidade de água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, ou seja, é a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A qualidade da água se define por uma ou mais características físicas, químicas e biológicas. Preferências pessoais, como sabor, podem constituir simples avaliação de aceitabilidade. Porém, na avaliação da qualidade da água para a irrigação, devem-se considerar, sobretudo, as características químicas e físicas e poucas são às vezes em que outros fatores são considerados importantes (AYRES & WESTCOT, 1999). Segundo estes autores, a qualidade da água para irrigação está diretamente relacionada aos efeitos

prejudiciais aos solos e às culturas requerendo, muitas vezes, técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associados à sua utilização; desta forma, a conveniência de uma água para irrigação deverá ser avaliada conjuntamente com o estudo das condições locais de uso, tomando-se como base os fatores relacionados à água, solo e planta.

Os sais solúveis que ocorrem no solo e na água se originam, geralmente, a partir da intemperização dos minerais primários constituintes da crosta terrestre (RICHARDS, 1954; FAO/UNESCO, 1973). Para Israelsen & Hansen (1967), a intemperização química envolve processos de hidrólise, hidratação, solução, oxidação e carbonatação, resultando na liberação gradual de íons solúveis que, na ausência de precipitações pluviométricas, em quantidades e frequências suficientes para promover a lixiviação através do perfil do solo se acumulam, atingem níveis restritivos ao desenvolvimento satisfatório das plantas cultivadas; por este motivo, a ocorrência de solos salinos e sódicos está quase sempre associada às regiões áridas ou semiáridas, enquanto a presença de chuvas em áreas litorâneas poderá contribuir significativamente para a redução de sais no solo (BIGGAR et al.1984). Em regiões úmidas, por se tratar de zonas com precipitações elevadas, solos profundos e com relevo ondulado os sais durante a intemperização, são lixiviados até o lençol freático ou eliminado dos locais de origem através das águas superficiais, enquanto nas regiões áridas e semiáridas, em razão do déficit hídrico ser maior em parte do ano e, na maioria das vezes, por serem solos rasos ou apresentarem camadas impermeáveis no perfil, aliado à existência de topografia relativamente plana esses sais, junto com a água, são depositados em depressões nas quais estarão sujeitos aos processos de evaporação e/ou evapotranspiração podendo, com o tempo, atingir níveis elevados e comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das culturas (RICHARDS, 1954).

O teor de sais das águas superficiais, embora seja função das rochas predominantes nas nascentes, da zona climática, da natureza do solo em que a água flui, dependerá também de poluição decorrente das atividades humanas. Já no caso de água subterrânea, o teor de sais dependerá da origem da água e do curso sobre a qual ela flui, e sua salinização estará de conformidade com a lei de dissolução, com base no contato entre a água e o substrato que armazena a referida

água. As mudanças no teor de sais da água subterrânea no processo de recarga resultam de redução, geralmente de natureza bioquímica, troca catiônica, evapotranspiração e precipitação (MEDEIROS, 1992). Entretanto, atualmente, com a exposição dos solos à agricultura intensiva e à criação de gado e animais em geral, estão ocorrendo, cada vez e com maior frequência, contaminações nos aquíferos, decorrentes de ações antrópicas, destacando-se os nitratos, agrotóxicos, metais pesados e contaminação fecal.

Cruz e Melo (1969), estudando as águas subterrâneas no Nordeste indicaram, como principais fatores que controlam a salinização, em ordem decrescente, o clima, modo de ocorrência das águas (aquíferos livres ou confinados), as condições de circulação (zoneamentos verticais) e a natureza geológica (influência litológica). Por outro lado, Santos et al. (1984), tentando explicar as causas e os processos de salinização das águas subterrâneas de aquíferos fraturados da região cristalina semiárida do Estado do Rio Grande do Norte e mesmo ainda precisando de estudos complementares, consideram a relação entre a salinização das águas e as características das diferentes associações de solos presentes, ou seja, solos salinos-água salgada e solos não salinos-água doce ou salobra.

A composição da água superficial pode alterar-se sob a influência da precipitação pluviométrica e da evaporação (LARAQUE, 1989; MEDEIROS, 1992). Leprun (1983), constatou, para as condições do Nordeste que, em termos médios, a salinização da água para diferentes fontes se situa na seguinte ordem: açude, rios, cacimbões e poços rasos, porém há muitas variações no nível da salinidade para cada fonte. Segundo Shalhevet & Kamburov (1976), a distinção entre as diferentes águas usadas na irrigação depende das condições geoclimáticas da região, da fonte de água, da localização do curso de água, da época do ano e do desenvolvimento da irrigação.

Pereira *et al.*, (1991), estudaram a qualidade das águas superficiais na microrregião do Seridó-RN, e concluíram que as fontes de águas mais salinas apresentam maior variabilidade que as de baixa salinidade; em geral, a qualidade da água para irrigação variou entre bacias hidrográficas e entre os tipos de fonte e, para determinada fonte, o nível de salinidade é maior na época que coincide com o período de irrigação (o verão ou época seca). Utilizando-se a classificação de águas,

proposta por Richards (1954), 71,9 % das fontes de água pesquisadas nessa região apresentaram águas de qualidade entre regular a excelente, para irrigação.

Cruz (1966) & Leprun (1983), constataram que na zona semiárida a salinidade da água aumenta muito da superfície para a profundidade e o maior acréscimo ocorre nos teores de sódio e cloreto. Na zona úmida, a situação é o contrário, visto que a mineralização ocorre com maior intensidade na superfície.

Costa & Gheyi (1984), estudando as águas de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB e utilizando amostras de água de diferentes fontes coletadas nas épocas chuvosas e secas, concluíram que o sódio predomina em relação ao cálcio e ao magnésio; no entanto, na época chuvosa, com a diminuição da concentração de sais nas águas, em algumas fontes pode-se verificar a recíproca, sobretudo onde as concentrações de bicarbonato eram maiores que as do cloreto. Quanto aos ânions, os autores observaram predominância de bicarbonato ou cloreto para águas de concentração de sais abaixo ou acima de $0,75 \text{ dS m}^{-1}$. O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, em sua resolução nº 357, de 17 de março de 2005, trata da classificação dos corpos aquáticos e diretrizes para seu uso. As águas do Território Nacional são classificadas, nas categorias doces, como aquelas com salinidade igual ou menor que 0,5%; salobras as de salinidade maior que 0,5 e menor que 30% e salinas, as águas com salinidade acima de 30% e, segundo o objetivo requerido para os seus usos preponderantes, foi dividida em treze classes de qualidade. Para as águas doces classes especial, 1, 2, 3 e 4. Para as águas salobras classes especiais, 1, 2 e 3. Para as águas salinas em classes especiais 1, 2 e 3 (UNIAGUA, 2005).

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), recomenda a classificação proposta pelo University of California Committee of Consultants (UCCC), que fornece diretrizes para se interpretar a qualidade da água para irrigação, destacando os parâmetros de salinidade, infiltração e toxicidade de íons específicos (AYERS & WESTCOT, 1999).

De acordo com Medeiros (2010), ao se classificar a água é bom lembrar que, sendo procedente de uma mesma fonte, sua qualidade pode variar com o tempo. As amostras deverão ser analisadas o ano inteiro ou durante o período de irrigação, uma frequência adequada. Antes de ser utilizada para irrigação a água passa pelo

processo de escoamento e armazenamento, seja nos reservatórios superficiais ou subterrâneos (MEDEIROS, 2010). A água ao escoar por zonas de solo que possuem grandes quantidades de sais solúveis, tem seu teor de sais aumentado antes do processo de armazenamento e, posteriormente, esses sais serão depositados nos solos irrigados, criando os problemas já citados, para os solos e para o desenvolvimento das plantas.

Existem vários critérios de classificações da qualidade de água para a irrigação, porém a sua generalização é arriscada, uma vez que os fatores que condicionam os critérios de qualidade são tão importantes que, às vezes, podem invalidar, total ou parcialmente, o critério estabelecido. O ideal seria juntar um conhecimento mais profundo na área vegetal para se avaliar a qualidade de uma água específica para determinado cultivo em um ecossistema também específico (PEREIRA & HOLANDA, 1983).

Um dos sistemas de classificação de água propostos para irrigação bastante utilizada é o recomendado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, que tem tido muita aceitabilidade no mundo (Richards, 1954). É baseado na Condutividade Elétrica como indicadora do perigo de salinização do solo e na Razão de Adsorção de Sódio como indicadora do perigo de alcalinização do solo.

A classificação proposta pelo Comitê dos Consultores da Universidade da Califórnia - UCCC (1974) se baseia no estudo do grau de restrição no uso da água com problemas potenciais, como salinidade, problemas de infiltração e toxicidade de íons específicos, dentre outros (Tabela 1).

Entretanto hoje, as diretrizes de classificação propostas pela FAO (AYERS & WESTCOT, 1999), também são muito recomendadas, sobretudo quando existem níveis elevados de sais.

Tabela 01. Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação, conforme Ayres e Westcot (1999).

Problema Potencial da Água de Irrigação		Grau de Restrição de Uso		
Unidade	Nenhum	Baixo a moderado		Severo
Salinidade				
CE	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3	> 3,0
STD	mg L ⁻¹	< 450	450 - 2000	> 2000

Fonte: Ayres e Westcot, (1999).

Capítulo 3

METODOLOGIA

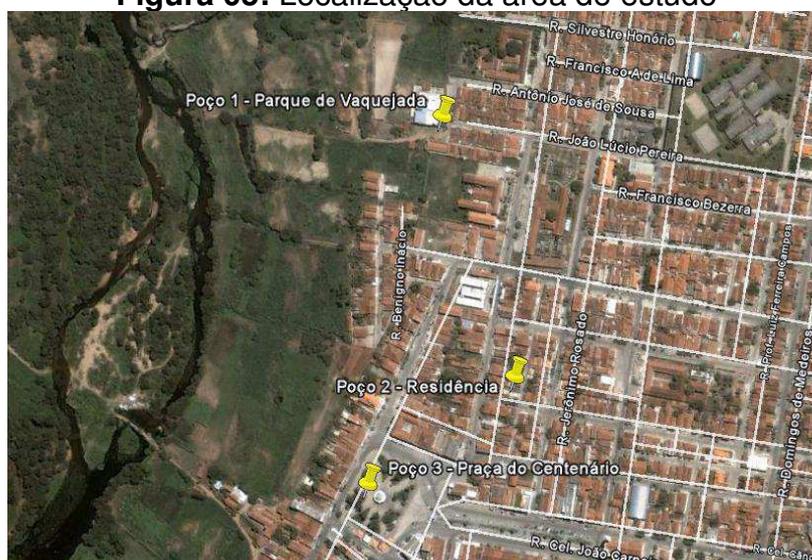
3.0 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na parte oeste do centro da cidade de Pombal-PB, conforme pode ser observado na Figura 05, onde o Ponto 1 representa o poço da Lavanderia Municipal que fica próximo ao parque de vaquejada; o Ponto 2 representa o poço que está situado em um lote residencial e o Ponto 3 está localizado na Praça do centenário.

Para a realização das análises foram utilizados 03 poços amazonas, onde o critério estabelecido para a escolha desses poços foi à questão da acessibilidade, pois, os responsáveis não fizeram nenhum tipo de restrição para o desenvolvimento da pesquisa. A falta de informação disponível da existência de outros poços na área de estudo limitou à ampliação da pesquisa.

Figura 05: Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth (acesso em 29/08/2013).

Os 03 (três) poços analisados para caracterização físico-química preliminares das águas subterrâneas às margens oeste do centro da cidade de Pombal-PB são do tipo amazonas. Todos tiveram suas construções por meio de escavações diretas, com um revestimento de alvenaria. A vazão desse tipo de poço não é considerada

elevada devido a sua baixa profundidade. Porém, nesse trabalho não foram determinados.

3.2 Coletas de amostras de água

As amostras foram coletadas de acordo com a metodologia prescrita no manual prático da Funasa (2006), e analisadas em seguida. Foram adotados os seguintes cuidados para esta etapa:

- Uso de garrafas pet de 500 ml (higienizadas com detergente neutro, água destilada, água deionizada e esterilizada);
- Coletas de água diretamente dos poços para que não houvesse nenhuma contaminação por agentes externos, sempre coletando as amostras a uma profundidade aproximada de 1 metro, o que foi possível nos poços 02 e 03;
- No poço 01, que possuía bomba, fez-se a desinfecção da saída deixando por cinco minutos a água escorrendo para depois coletar as amostras;
- Foram realizadas um total de 7 (sete) coletas no decorrer da pesquisa.

3.3 Metodologias Analíticas

O período de amostragem foi entre os meses de abril a dezembro de 2012. Foram avaliados parâmetros relativos ao padrão de potabilidade. Em cada estação de coleta foram analisados os seguintes parâmetros: cor, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, pH, alcalinidade, dureza total, cloretos, temperatura do ar e temperatura da água. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Água – LAAg. Na Tabela 01, cita-se a metodologia adotada para cada parâmetro analisado.

Tabela 02: Parâmetros Físicos – Químicos e metodologia

Parâmetros	Metodologia
Temperatura da Água e do Ar	Determinação pelo termômetro digital de máx. e min.
pH	Método potenciométrico, utilizando-se do medidor de pH, modelo mPA - 210p, com leitura direta.
Condutividade Elétrica	Medição direta. O instrumento utilizado na determinação da Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) foi o Condutivímetro TEC, modelo 4 MP.
Sólidos Totais Dissolvidos	Por meio do Condutivímetro TEC, modelo 4 MP.
Turbidez	Medição direta no turbidímetro, modelo TB – 1000.
Cloretos	Titulometria de precipitação pelo Método de Mhor.
Alcalinidade	Titulometria de neutralização.
Dureza Total	Titulometria de complexação.
Coliformes Termotolerantes	Técnica de Tubos Múltiplos para NMP/100mL

Fonte: Laboratório de Análises de Água da UFCG Campus de Pombal - PB

3.4 Análises das Águas

As coletas das águas subterrâneas do município em estudo foram analisadas no Laboratório de Análises de Águas - LAAg da UFCG, Campus de Pombal–PB.

3.5 Metodologia utilizada para avaliar as fontes de poluição

O levantamento de fontes de poluição na área de entorno do estudo foram identificadas pela Metodologia Espontânea (Ad Hoc) que é um método baseado no conhecimento empírico do especialista do assunto e\ou da área em questão.

Essa metodologia foi utilizada isoladamente, desenvolvendo a avaliação de impactos ambientais de forma simples, objetiva e de maneira dissertativa. É adequada para casos com escassez de dados, fornecendo orientação para outras avaliações, apresentando como vantagem uma estimativa rápida da avaliação de impactos de forma organizada e facilmente compreensível pelo público.

3.6 Valores preconizados de parâmetros físico-químicos utilizados para confrontar com os valores médios obtidos na pesquisa.

Tabela 03: Parâmetros com maior ocorrência em águas subterrâneas

Parâmetros	Unidade	Valor Máximo Permitido (VMP)
Cloreto	$\mu\text{g.L}^{-1}$	250.000
Sólidos Totais Dissolvidos	$\mu\text{g.L}^{-1}$	1.000.000

Fonte: Resolução CONAMA N°. 396, de 03 de Abril de 2008.

Tabela 04: Padrão organoléptico de potabilidade

Parâmetros	Unidade	Valor Máximo Permitido (VMP)
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH	15
Dureza Total	mg/L	500
pH	–	6,0 a 9,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Turbidez	uT	5

Fonte: Portaria do Ministério da Saúde de N°. 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

Capítulo 4

Resultados
e

Discussão

4.1 Inspeção na área de entorno dos poços

No Poço 01 verificou-se que havia disposição de resíduos orgânicos e inorgânicos na laje do mesmo, como pode ser visto na Figura 06, fato observado em várias visitas. Essa ação de disposição inadequada de resíduos sólidos corresponde a uma fonte de poluição pontual naquele local, contribuindo para proliferação de vetores, problemas estéticos, bem como odores desagradáveis. No ponto de vista ambiental, os resíduos sólidos podem causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, devido à percolação do chorume, que é um líquido de cor preta altamente poluente, formado a partir da degradação da matéria orgânica não controlada.

Figura 06: Resíduos sólidos sobre a laje de vedação do Poço 01



Fonte: Arquivo pessoal, (2012)

A pesquisa não objetivava interferências na área de estudo, todavia a presença de uma instituição pública naquele local instigou uma mobilização da população quanto ao cuidado com o poço e provocou ações efetivas por parte do poder público municipal, como se mostra na Figura 07.

Figura 07: Recuperação da área de entorno do Poço 01



Fonte: Arquivo pessoal (2012)

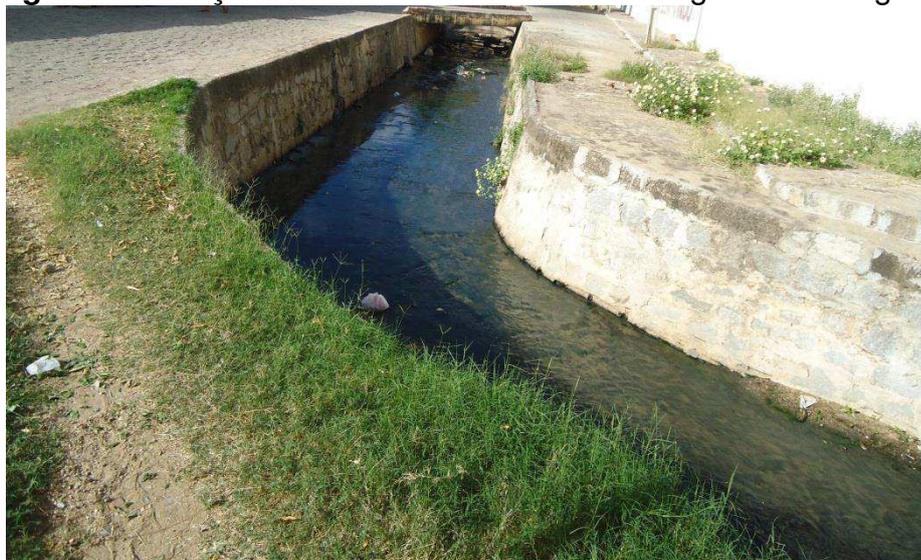
Na área de estudo observou-se a presença de uma galeria de drenagem pluvial que é uma fonte de poluição difusa, pois a mesma fica a uma pequena distância do poço da lavanderia municipal. Essa galeria de drenagem pluvial pode comprometer a qualidade da água do poço, podendo haver captação dessas águas poluídas por infiltração. Na galeria de drenagem pluvial verificaram-se a presença de tubulação de esgotos sanitários e a emissão de resíduos sólidos, conforme se observa nas Figuras 08 e 09.

Figura 08: Tubulação de esgoto sanitário na galeria de água pluvial.



Fonte: Arquivo pessoal (2013)

Figura 09: Lançamento de resíduos sólidos nas galerias de água pluvial.



Fonte: Arquivo pessoal (2013)

No Poço 02 foi observado que a estrutura física encontra-se bastante desgastada, assim como a cobertura do poço é feita de maneira inadequada com tábuas e telhas, conforme se verifica na Figura 08. Foi constatado também a existência de um galinheiro com excremento próximo ao poço e segundo informações da proprietária do mesmo, existe uma fossa no quintal do vizinho, porém, não foi possível realizar um registro fotográfico devido à resistência do mesmo.

Figura 10: Cobertura do Poço 02



Fonte: Arquivo pessoal (2012)

O Poço 03 encontra-se em condição satisfatória comparado com outros poços selecionados para realização do estudo sendo considerado o que apresenta melhor conservação. Nas coletas de amostras de água, verificou-se a presença de matéria orgânica (folhas das árvores e capim) proveniente da vegetação da praça, fator importante na interferência da qualidade da água.

Na Figura 11 mostra-se em detalhe a abertura de inspeção do poço e ponto de coleta das amostras.

Figura 11: Mostra o Poço da Praça do Centenário



Fonte: Arquivo pessoa (2012)

4.2 Caracterização das águas coletadas

Não havendo informações precisas sobre a existência de poços na sede do município, os trabalhos se iniciaram pelo Poço 03, cuja existência é de domínio público.

Na tabela 04 apresentam-se os valores médios dos parâmetros analisados.

Tabela 05: Valores médios dos parâmetros físico-químicos do Poço 03

Temperatura (°C)	Dureta Total (mg/L de CaCO ₃)	pH	CE (uS/cm)	STD (ppm)	Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	Cloretos (mg/L de Cl ⁻)
29,59	263,4	8,3	1428,5	817,3	400,9	221,08

Fonte: Autor (2012)

A Resolução do CONAMA nº 396/2008 e a Portaria do Ministério da Saúde (M.S.) nº 2.914/2011 não dispõem de valores preconizada para os parâmetros

condutividade elétrica e alcalinidade, da mesma forma buscou-se auxílio na literatura para subsidiar a interpretação dos resultados. Entretanto, a literatura é bastante limitada quando faz a preconização de valores para os parâmetros supracitados com base nos dispositivos legais para o enquadramento da qualidade da água.

Para CPRM (2005), os STD, quando em teores elevados indicam que a água tem sabor desagradável, podendo causar problemas digestivos, principalmente nas crianças, além de danificar as redes de distribuição. Este órgão, quando executou o projeto de cadastro de fontes subterrâneas no município de Pombal-PB em 2005, utilizou a classificação para STD descrita na Tabela 05.

Tabela 06: Classificação das águas por STD

0 a 500 mg/l	água doce
501 a 1.500 mg/l	água salobra
> 1.500 mg/l	água salgada

Fonte: CPRM (2005)

Conforme se observa na Tabela 05, a água do poço 3 é classificada em água salobra.

Esse poço, como já foi mencionado é de fácil acesso por servir à jardinagem pública, bem como às festas populares da cidade, como fonte para usos de serviços, tais como preparo de alimentos e lavagem de utensílios. Já a localização de outros poços no perímetro urbano não se dá com a mesma facilidade por não haver no poder municipal registro organizado ou especializado para tal fim. Paralelo às análises do Poço 03, procedeu-se incursões a campo, onde foi determinada a existência de um poço público pertencente ao poder municipal e um poço em lote particular, ambos em operação. Obtiveram-se registros da ocorrência de outros 03 poços, mas foi verificada as suas desativações ou abandono. De acordo com a pesquisa realizada pela CPRM (2005), foram cadastrados 100 (cem) unidades de poços identificados, sendo localizados na zona rural do município em estudo, conforme classificação a seguir:

01 indefinido, 03 fontes naturais, 08 poços amazonas, 35 poços escavados e 53 poços tubulares.

A avaliação da qualidade da água subterrânea, bem como suas características hidrogeoquímicas, constitui uma informação de grande importância para gestão e sua adequabilidade ao uso, seja para consumo humano ou irrigação.

Tabela 07: Qualidade das águas subterrâneas dos poços 1, 2 e 3

PARÂMETROS	UNID.	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	Valor Máximo Permitido (VMP) com base na Portaria M.S. Nº 2.914 de 12/12/2011
TEMPERATURA DA ÁGUA	°C	30,4	31,3	34,3	Não Especificado
TEMPERATURA DO AR	°C	31,0	33,5	31,7	Não Especificado
pH	–	8,24	8,33	8,0	6,0 a 9,0
TURBIDEZ (NTU)	uT	0,50	0,51	0,78	5
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	μScm^{-1}	1162	1229	1217	Não Especificado
COR (UC HAZEN)	uH	8,6	17,3	6,5	15
DUREZA TOTAL	mg/L	271	423	383	500
CLORETOS	mg/L	114	174	149	250
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	mg/L	629	655	666	1000
ALCALINIDADE	mg/L	429	396	399	Não Especificado
LOCALIDADE	–	Lavanderia Pública	Residência	Praça do Centenário	

Fonte: Autor (2013)

O pH dos 3 poços se caracterizou sendo básico, apresentando um valor médio de 8,2 (Tabela 06) enquadrando-se dentro da normalidade dos valores preconizados pelos dispositivos legais. Segundo Peixoto (2008), quando o pH é maior que 7.0 contribui para o aumento da alcalinidade, ou seja, caracteriza-se como águas básicas. Já a dureza total obteve valor médio de 359,0 mg/L de CaCO_3 indicando uma água dura (UFV, 2008). Veríssimo e Feitosa (2002), estudando poços tubulares nessas mesmas condições encontraram valores de pH e dureza total 8,1 e

1.164mg/L, portanto com relação ao parâmetro pH, Ayres e Westcot (1999) afirmam que o pH entre 6,5 e 8,4 possui grau de restrição para uso normal enquanto que para os dispositivos legais a DT permissível é de no máximo 500 mg L⁻¹ de CaCO₃ sendo considerada muito dura, já Medeiros (2010), encontrou DT = 240 mg L⁻¹ de CaCO₃ e 488,50 mg L⁻¹ de CaCO₃ para os municípios paraibanos Amparo e Camalaú, logo no trabalho em questão obteve também valor de dureza total 359,0 mg/L de CaCO₃ sendo menor que 500 mg L⁻¹ de CaCO₃, caracterizando a água como sendo muito dura, o que ocasiona problemas nas tubulações hidráulicas e retardo no cozimento de alimentos provocando maior consumo de gás, carvão, lenha, etc. Dessa forma tem-se uma água com probabilidade de onerar atividades econômicas que precisem de saponáceos, logo as águas muito duras são um obstáculo para o uso humano por conta do gosto desagradável, porém podem ser utilizadas para um número vasto de aplicações, como combate a incêndio, regar jardins, lavagem das ruas, etc. A dureza total das amostras de água do poço 3 apresentou um valor médio de 383 mgL⁻¹, de acordo com a classificação de Sawyer e McCarty (1987) sendo classificada muito dura (383 mgL⁻¹), portanto a destinação dessa água é para a irrigação da praça do centenário, logo nas águas de irrigação a dureza pode causar incrustações nos equipamentos de irrigação, danificando-os e até mesmo interrompendo a irrigação.

Quanto à turbidez, de acordo com os resultados encontrados pode-se verificar que os valores das amostras dos 3 poços estão em conformidade com o valor estabelecido pelos dispositivos legais.

Para a condutividade elétrica Medeiros (2010), encontrou valores médios de 1130 µS/cm e 1645 µS/cm para os municípios Camalaú e Amparo, já Veríssimo e Feitosa (2002) encontraram 5.035 µS/cm enquanto que no presente trabalho foi encontrado valor médio de 1.202 µS/cm, isso se deu provavelmente devido a CE está associada aos minerais constituintes da rocha matriz.

As amostras dos poços 1 e 3 apresentaram normalidade na cor aparente, portanto encontra-se dentro dos valores preconizados pelos dispositivos legais. Porém, a amostra do poço 2 apresentou valor médio acima do máximo permitido, neste caso, a cor aparente sofre interferência da presença de matérias em suspensão, possivelmente do material que faz sua cobertura, notoriamente madeira.

Quanto à alcalinidade, Agostinho *et al.*, (2008), realizaram um estudo sobre as águas subterrâneas na área da Bacia do rio Piancó onde considerou a existência de 450 poços cadastrados e destes foram selecionados 52, de onde foram extraídas 15 amostras para análises físico-químicas nas áreas dos municípios de Coremas, Igaracy, Piancó e Pombal todos localizados no estado da Paraíba. Os resultados encontrados por esses pesquisadores são corroborados pelos aqui apresentados.

Capítulo 5

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos neste estudo preliminar, conclui-se que, de modo geral, as águas dos poços amazonas, apresentaram resultados próximos e compatíveis com pesquisas realizadas na área da bacia do Piancó, cidades do sertão nordestino e sub-bacia da região do alto curso do Rio Paraíba, se enquadrando dentro dos parâmetros máximos permissíveis de acordo com a Portaria M.S. Nº 2.914 de 12/12/2011.

No Poço 01 verificou-se que havia disposição de resíduos orgânicos e inorgânicos na laje do mesmo, sendo uma fonte de poluição pontua, a qual contribui com a proliferação de vetores, problemas estéticos, bem como odores desagradáveis e o mesmo encontra-se próximo de uma galeria de drenagem pluvial que é uma fonte de poluição difusa, a qual possivelmente poderá comprometer a qualidade da água do poço através da infiltração. Próximo à instalação do Poço 02 foi encontrado um galinheiro com excremento, bem como uma fossa séptica no quintal do vizinho que possivelmente poderá contribuir na poluição do mesmo, enquanto que o Poço 03 encontra-se em condição satisfatória comparado com outros poços selecionados para realização do estudo sendo considerado o que apresenta melhor conservação, embora que foi detectado presença de matéria orgânica (folhas das árvores e capim) proveniente da vegetação da praça, podendo ser um fator importante na interferência da qualidade da água.

Os três poços estudados possuem valores de condutividade elétrica ($1,16 \text{ dSm}^{-1}$, $1,23 \text{ dSm}^{-1}$ e $1,22 \text{ dSm}^{-1}$) acima dos valores máximos permitidos ($0,7 \text{ dSm}^{-1}$) tornando inviável para uso de irrigação, onde a qualidade das águas foram classificadas com grau de restrição ligeira à moderada de acordo com Ayres e Westcot (1999) e o parâmetro STD também se enquadrando nessa mesma classificação, logo o monitoramento da qualidade dessas águas deve ser usado como instrumento para controlar e evitar contaminações futuras, tanto nos aspectos dos recursos hídricos como nos solos, portanto recomenda-se o georreferenciamento dos pontos dessas fontes hídricas afim de que possa fazer estudos e controle no que diz respeito ao parâmetro salinidade.

Capítulo 6

**Referências
Bibliográficas**

6.0 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil** 2005. Brasília, 2005.
- AGOSTINHO, L. L; CAVALCANTI, B; NASCIMENTO, L; Qualidade das Águas Subterrâneas da Bacia do Piancó para Uso Municipal e de Irrigação. **Revista de Águas Subterrâneas**, São Paulo, Vol. 22, n.01, 2008.
- ALMEIDA, R. A. S. **Índice de qualidade de Águas Subterrâneas Destinadas ao Uso na Produção de Água Potável (IQUAS)**. Salvador, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Urbana, da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.
- ALVES, T. L. B; LIMA, V. L. A. de; FARIAS, A. A. de. Impactos ambientais no Rio Paraíba na área do município de Caraúbas – PB: região contemplada pela integração com a bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Revista online-CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 160–173, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia>, acessado em 03 de julho de 2013.
- AYERS, R.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. “Water Quality for Agriculture”. FAO. Tradução Gheyi. H. R. & Medeiros, JF de, UFPB.Campina Grande- PB, 217p. 1999.
- BIGGAR, J. W.; ROLSTON, D. E. e NIELSEN, D. R. **Transformation of salinity by water**. Clif. Agric., 38(10):10-1, 1984.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada À Engenharia Sanitária**. 3ª Ed. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.
- BRASIL**. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
- BRASIL**. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 396. 03 de abril de 2008.
- BRASIL. Constituição (1988)**. Constituição [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal.
- BRASIL**, Ministério da Saúde, PORTARIA N.º 2.914, 12 de DEZEMBRO de 2011.
- BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília: Cartilha MMA, 2007.

- BUENO, Renata Moreno et. al. **Análise das águas dos poços artesianos do campus CAVG-UFPEL.** (Pelotas), 2007, RS. Disponível em ufpel.edu.br, acessado em 04 de Julho de 2013.
- CEBALLOS, B. S. O. **Microbiologia Sanitária.** In: Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente. 2001.
- COSTA, W.D. **Riscos potenciais e reais decorrentes da super-exploração das águas subterrâneas no Recife – PE.** In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.
- COSTA, R. G & GHEYI, H. R. Variação da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha – PB. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, 19(8):1021 –1025 ago. 1984.
- CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Ações emergenciais de combate aos efeitos das secas. **Noções básicas sobre poços tubulares.** Recife, 1998.
- CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba 2005.** Recife, 2005.
- CRUZ, W. B. & MELO, F. A. C. F. de. Zoneamento químico e salinização das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. In: **Boletim de Recursos Naturais – SUDENE.** 7(1/4):7-40. Jan/dez. 1969.
- CRUZ, W. B. da. Recursos de água subterrânea em Simplíssimo Mendes – PI. **Água Subterrânea,** Recife, 2(5):1-16, jan/mar, 1966.
- DAKER, A. **Irrigação e Drenagem** 4ª ed. Rio de Janeiro. Liv. Freitas Bastos S.ª 1970, 453p. (A Água na Agricultura 3ª edição).
- Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000. Disponível em: <<http://www4.fct.unesp.br/docentes/geo/joaosvaldo/DecifrandoTerra/pdf/Capitulo20-imagens.pdf>>Acessado em: 31 de ago. 2013.
- FARIAS, M. S. S. de. **Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do rio cabelo.** 2006. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.
- FREITAS, D. A. **Análise microbiológica de água de poços artesianos do município de campo bom/rs.** Novo Hamburgo, 2010. Monografia em Ciências Farmacêuticas, Departamento de Farmácia, Universidade Feevale.

- Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006., FUNASA. 2006.
- GALINDO, Evania Freires. **A Inter setorialidade como requisito para construção de uma Cidade Saudável**: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004) - Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Recife, UFPE, 2004.
- GUIMARÃES, C. S. **Saneamento Básico**. 2007, Rio de Janeiro – RJ, 68 p. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Capit%204%20parte%202.pdf>.> Acessado em: 16 de Ago. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 de Agosto de 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002a. CDROM.
- ISRAELSEN, D. W. e HANSEN, V. E. **Irrigation principles and practices**. 3ª edição New York: John Wiley and Sons, Ing. 1967, 447p.
- LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade de água de açudes do Nordeste semiárido brasileiro**. Recife, SUDENE 1989. 59P. (SUDENE. Serie Hidrológica, 26).
- LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório de fim de convenio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife, SUDENE, 1983. 91-141P.
- LINHARES, Franklin Mendonça. **Potencial Hidrogeológico e a Qualidade da Água Subterrânea do Município de Brejo do Cruz-PB**. 2009. 92p. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa – PB.
- LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de águas**. Tradução A. M. de LEMOS. Recife: U.S. Agency for International Development, 1965. 75 p.
- MAGALHÃES, P. C. **O custo da água gratuita**. In: Ciência Hoje, v. 36, nº 211, 2004, p.45-49.
- MAIA, Anna Paula Alves. **Gestão de recursos hídricos em Pernambuco**: o comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Recife, UFPE, 2002.
- MARTINS NETTO, J.P.G.; DINIZ, H.N.; JOROSKI, R.; OKAMOTO, F.S.; FRANÇA, V.C.Ç TANAKA, S.E.; SILVA, V.H.A. **A ocorrência de fluoreto na água de poços**

da Região Metropolitana de São Paulo e novas tecnologias para sua remoção.
In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., Cuiabá, 2004.
Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.

MEDEIROS, Josinaldo Xavier de. **Qualidade das Fontes Hídricas na Região do Alto Curso do Rio Paraíba e Análises Multivariadas na Hierarquização dos Componentes Principais.** Campina Grande, 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE.** Campina Grande, UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).

MELO, J. L. S.; Dantas, J. M.; Cezar, G. M. **Avaliação Preliminar da Qualidade das Águas dos Poços Artesianos do Campus Universitário da UFRN/Natal – RN, 2000.**

MILLON, Mônica Márcia Becker. **Águas subterrâneas e política de recursos hídricos estudo de caso: Campeche Florianópolis - SC.** UFSC, Florianópolis, SC, 2004, 101p.

MORAES, P.B. **Curso superior de tecnologia em saneamento ambiental CESET/UNICAMP.** Campinas – SP, 2008.

NETO, Romeu Cantusio; SANTOS, Luciana Urbano dos; FRANCO Regina Maura Bueno. Água: Escasses e qualidade. [S.l.], **Revista Higiene Alimentar**, v22, 2008.

ONGLEY, E. D. **Control of water pollution from agriculture.** FAO: Roma, 1996. 101 p. (FAO. Irrigation e Drainage; 55).

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU) - **Semana Interamericana de Água.** Água para Todos. ABES. Caribe 1993.

PEIXOTO. J. Documento adaptado das aulas de Elementos de Engenharia do Ambiente. MIEB – 2007/08

PEREIRA, F. A. M.; HOLANDA, J. S; MEDEIROS, J. D. F. e BRITO, R. A. L. Qualidade de Água para Irrigação no Seridó – RN. **Anais do IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Natal – RN**, 25 a 29 de novembro de 1991. Vol. V p 543-562.

PEREIRA, F. A. M. e HOLANDA, J. S. **Água para Irrigação.** Caicó-RN: EMBRAPA/EMPARN. 1983 (S.D.) 20 p.

PONTES, C. A. A.; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública.** Rio de Janeiro, 2004, v. 20, n. 5, p. 1319-1327.

- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).
- RHOADES, J.; CHANDUVI, F.; LESCH, S. **Soil salinity assessment: methods ad interpretation of electrical conductivity measurements.** Rome: FAO, 1999. 150 p. (FAO. Irrigação e Drenagem; 57).
- ROCHA, J. S. M; KURTZ, S. J. M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas.** 4ª Edição. Santa Maria: UFSM, 2001. 302p.
- SANTOS, A. C. 1997. Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa / João Manoel Filho. Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. p. 81-108.
- SAWYER, C.; MCCARTY, P. L. **Chemistry for environmenta engineering.** NewYork: McGraw-Hill Book Company, 1987. 532 p.
- SHALHEVET, J. e KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: A word-wind survey.** New Delhi, International Comission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.
- SANTOS, J. P.; AZEVEDO, S. G. de e MISTREITA, G. M. **Novos aspectos da salinização das águas subterrâneas do cristalino do Rio Grande do Norte.** São Paulo, IPT, 1984. 27p. (Comunicação Técnica, 314).
- SILVA, M.F.B.; NICOLETTI, A.; ROCCA, A.C.C.; CASARINI, D.C.P. **Uso e qualidade das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10, São Paulo, 1998. São Paulo: ABAS, 1998. CD-ROM.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. DE A. S.; TANIWAKI, M. H.; DOS SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos e Água.** J. 4. Ed.- São Paulo: Livraria Varela, 2010.
- SOUSA, A. S. **Proposta de Plano de Recuperação de Área Degrada: Recuperação da Mata Ciliar do Açude de “Nova Vida”.**Pombal-PB,2011, 12p.
- UNIAGUA – Universidade da Água. **Classes das Águas.** Ministério do Meio Ambiente. Resolução N° 357 de 17 de Março de 2005. CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Acessado em: 17-08-2010.Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=classe.htm>
- UFV – Universidade Federal de Viçosa. Qualidade da água. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm>> Acesso em: 13 Setembro 2013.

VERÍSSIMO, L. S., FEITOSA, F. A. C. As águas subterrâneas no Nordeste do Brasil. Região de Irauçuba-Estado do Ceará-Brasil,2002.

VILLIERS, Marq de. **Água**: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro, Ediouro, 2002.

VON SPERLING, M., 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte**: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Un. Federal de Minas Gerais, 243

